

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***CÁLCULO Y DISEÑO DE PABELLÓN  
POLIDEPORTIVO***

***DOCUMENTO 3 - ANEXOS***

**Alumno/Alumna:** García, Ahumada, Ángel

**Director/Directora:** Marcos, Rodríguez, Ignacio

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** Jueves, 20 de junio, 2019

## INDICE

|             |  |          |
|-------------|--|----------|
| <b>3</b>    | <b>Anexos.....</b>                                   | <b>1</b> |
| 3.1         | Cálculos.....  | 1        |
| 3.1.1       | Introducción.....                                    | 1        |
| 3.1.2       | Datos de partida.....                                | 1        |
| 3.1.3       | Acciones.....  | 2        |
| 3.1.3.1     | Acciones permanentes.....                            | 2        |
| 3.1.3.1.1   | Peso propio.....                                     | 2        |
| 3.1.3.2     | Acciones variables.....                              | 2        |
| 3.1.3.2.1   | Sobrecarga de uso.....                               | 2        |
| 3.1.3.2.2   | Acciones térmicas.....                               | 3        |
| 3.1.3.2.3   | Nieve.....   | 4        |
| 3.1.3.2.4   | Viento.....  | 5        |
| 3.1.3.2.4.1 | Resumen de la presión estática para la cubierta..... | 12       |
| 3.1.3.2.4.2 | Resumen de la presión estática para el lateral.....  | 13       |
| 3.1.3.3     | Acciones accidentales.....                           | 14       |
| 3.1.3.3.1   | Sismo.....   | 14       |
| 3.1.3.3.2   | Incendio.....  | 15       |
| 3.1.3.3.3   | Impacto.....   | 15       |
| 3.1.4       | Combinación de hipótesis.....                        | 16       |
| 3.1.4.1     | Combinaciones para la cubierta.....                  | 17       |
| 3.1.4.2     | Combinaciones para el lateral.....                   | 18       |
| 3.1.5       | Selección del cerramiento.....                       | 19       |
| 3.1.5.1     | Panel de cubierta.....                               | 19       |
| 3.1.5.2     | Panel de fachada.....                                | 21       |
| 3.1.6       | Programa de cálculo estructural.....                 | 22       |
| 3.1.6.1     | Determinación de parámetros iniciales.....           | 22       |
| 3.1.7       | Cálculo de correas.....                              | 25       |
| 3.1.7.1     | Correas de cubierta.....                             | 25       |
| 3.1.7.2     | Correas laterales.....                               | 29       |
| 3.1.8       | Cálculo de la estructura en CYPE 3D.....             | 33       |
| 3.1.8.1     | Pandeo.....  | 35       |
| 3.1.8.2     | Pandeo lateral.....                                  | 37       |
| 3.1.8.3     | Flecha límite.....                                   | 37       |
| 3.1.8.4     | Hipótesis de cargas.....                             | 38       |
| 3.1.8.4.1   | Peso propio.....                                     | 38       |
| 3.1.8.4.2   | Uso.....   | 38       |
| 3.1.8.4.3   | Nieve.....   | 39       |
| 3.1.8.4.4   | Viento.....  | 40       |
| 3.1.8.5     | Escaleras.....                                       | 44       |
| 3.1.8.6     | Forjados para entreplantas.....                      | 46       |
| 3.1.8.7     | Graderío.....  | 62       |
| 3.1.8.8     | Ascensor.....  | 64       |
| 3.1.9       | Resultados de los elementos estructurales.....       | 68       |
| 3.1.9.1     | Pilares.....   | 68       |
| 3.1.9.2     | Vigas.....   | 201      |
| 3.1.9.3     | Celosía.....   | 371      |
| 3.1.9.4     | Arriostramientos.....                                | 459      |
| 3.1.9.5     | Escaleras.....                                       | 514      |
| 3.1.9.6     | Ascensor.....  | 527      |

|           |  |      |
|-----------|--|------|
| 3.1.9.6.1 | Resistencia .....  | 527  |
| 3.1.9.6.2 | Flechas.....   | 529  |
| 3.1.9.6.3 | Comprobaciones E.L.U. (resumido).....                              | 530  |
| 3.1.9.6.4 | Uniones .....  | 531  |
| 3.1.9.6.5 | Cimentaciones.....   | 552  |
| 3.1.10    | Resultados completos del pabellón .....                            | 555  |
| 3.1.10.1  | Resistencia.....   | 555  |
| 3.1.10.2  | Flechas.....   | 595  |
| 3.1.10.3  | Uniones.....   | 623  |
| 3.1.10.4  | Cimentaciones .....  | 950  |
| 3.1.11    | Solera .....   | 1079 |
| 3.1.12    | Suministro de agua .....   | 1080 |
| 3.1.13    | Evacuación de aguas .....  | 1082 |
| 3.1.13.1  | Dimensionamiento de la red de evacuación de aguas residuales ..... | 1082 |
| 3.1.13.2  | Dimensionamiento de la red de evacuación de aguas pluviales .....  | 1084 |

## 3 Anexos

### 3.1 Cálculos

#### 3.1.1 Introducción

En este documento se justificarán todas las soluciones adoptadas de cara al desarrollo del proyecto.

Se comenzará mostrando los datos de partida, que incluirán dimensiones del pabellón, distancia entre pórticos, ubicación etc. A continuación, a partir de las diferentes combinaciones de las acciones a las que se ve sometido el pabellón se dimensionarán los elementos constructivos del edificio gracias al programa de cálculo CYPE que dimensionará en su conjunto toda la estructura.

#### 3.1.2 Datos de partida

Los datos de partida del polideportivo son:

- Pabellón de estructura metálica a dos aguas
- Viga en celosía americana
- Ubicación: Santurtzi (Bizkaia)
- Longitud: 51 m
- Luz: 42 m
- Distancia entre pórticos: 3 y 6 m
- Altura en cumbrera: 13 m
- Inclinación de la cubierta: 5,44°
- Pendiente de cubierta: 9,50°

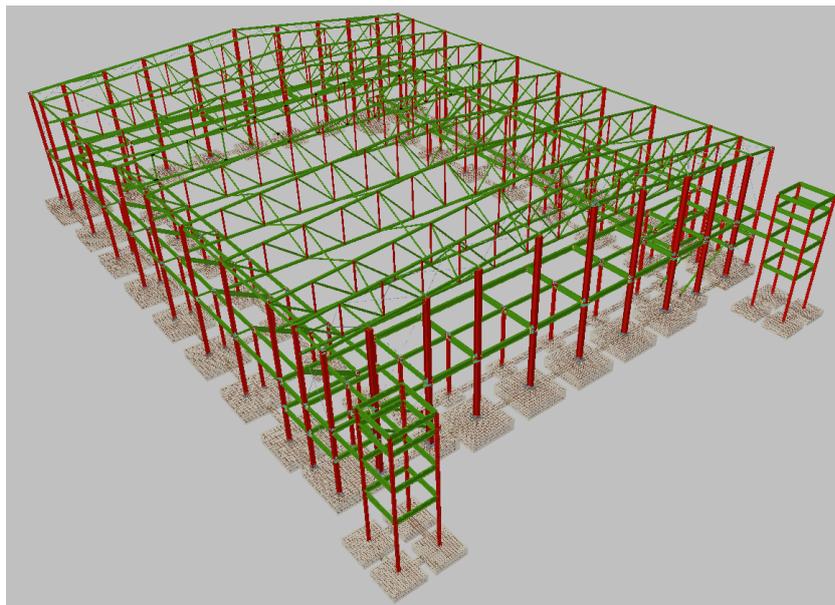


Figura 1 Esquema general del pabellón polideportivo.

### 3.1.3 Acciones

El Documento Básico SE-AE, Acciones en la edificación, se aplica para determinar las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad y estabilidad) y aptitud al servicio. A continuación, se presentan las acciones a las que se ve sometido el pabellón, y a partir de la combinación de ellas se dimensionará el polideportivo.

#### 3.1.3.1 Acciones permanentes

##### 3.1.3.1.1 Peso propio

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos, rellenos y equipo fijo.

El valor característico del peso propio de los elementos constructivos, se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones normales y de los pesos específicos medios. Dicho valor es desconocido hasta determinar el peso propio de cada uno de los elementos, que se irán obteniendo en la comprobación propia de cada uno de ellos.

#### 3.1.3.2 Acciones variables

##### 3.1.3.2.1 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso se define como las acciones que puede soportar el edificio por razón de uso, su valor puede simularse como una carga uniformemente distribuida y depende del tipo de actividad que se vaya a desarrollar en ella.

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                                      | 2                         |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                                      | 4                         |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                                      | 4                         |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                                      | 7                         |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                                      | 4                         |
| D                | Zonas comerciales  | D1                   | Locales comerciales   | 5                                      | 4                         |
|                  |  | D2                   | Supermercados, hipermercados o grandes superficies  | 5                                      | 7                         |
| E                | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)                             |                      |   | 2                                      | 20 <sup>(1)</sup>         |
| F                | Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>   |                      |   | 1                                      | 2                         |
| G                | Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>   | G1 <sup>(7)</sup>    | Cubiertas con inclinación inferior a 20°  | 1 <sup>(4)</sup> ( <sup>6</sup> )      | 2                         |
|                  |  |                      | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>  | 0,4 <sup>(4)</sup>                     | 1                         |
|                  |  | G2                   | Cubiertas con inclinación superior a 40°  | 0                                      | 2                         |

Tabla 1 Valores característicos de las Sobrecargas de Uso.

El valor se obtiene del Código Técnico de la Edificación, en concreto de la tabla 3.1 del documento básico de acciones en la edificación donde se distinguen las diferentes categorías en función de la actividad para la que está destinada. En este caso, se trata de una cubierta ligera sobre correas ya que la carga permanente debida únicamente al cerramiento será menor que  $1 \text{ kN/m}^2$ , por lo tanto, pertenece a la categoría G1.

Se procederá seleccionando la carga uniformemente distribuida de  $0.4 \text{ kN/m}^2$ :

$$Q_{\text{uso}} = 0,4 \cdot \cos(5,44^\circ) = 0,3982 \text{ kN/m}^2$$

Componente perpendicular:  $0,3982 \cdot \cos(5,44^\circ) = 0,3964 \text{ kN/m}^2$

Componente paralela:  $0,3982 \cdot \sin(5,44^\circ) = 0,0378 \text{ kN/m}^2$

También habrá que tener en cuenta las sobrecargas de uso existentes en el interior del edificio de cara al estudio del forjado entreplanta y para el cálculo de la estructura, que se mencionarán en sus respectivos apartados. Ahora, únicamente se hará estudio de la zona exterior.

### **3.1.3.2.2 Acciones térmicas**

Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de la condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico.

Las variaciones de la temperatura en el edificio conducen a deformaciones de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que, en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados.

La disposición de juntas de dilatación puede contribuir a disminuir los efectos de las variaciones de la temperatura. Para elementos estructurales de acero u hormigón, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud. Para el pabellón polideportivo del proyecto se ha decidido no colocar una junta de dilatación debido a que dicha junta se encontraría en la zona de juego del polideportivo y podría suponer la caída de los jugadores.

### 3.1.3.2.3 Nieve

El valor de la sobrecarga de nieve depende la zona donde se encuentre ubicado el polideportivo y de la forma de la cubierta.

Para determinar el valor de la carga de nieve se deberá acudir al Documento Básico de la Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (SE-AE) apartado 3.5. Del mismo modo que en el caso anterior, la sobrecarga de nieve, aparece en proyección horizontal y su valor viene determinado por la expresión:  $q_n = \mu \cdot s_k$

Donde:

$\mu$ : coeficiente de forma de la cubierta.

$s_k$ : valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, es este valor el que se debe obtener de la tabla ya que depende de la capital de provincia y altitud donde se encuentre situado el polideportivo.

| Capital                   | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | Capital                 | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | Capital                   | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|---------------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------|
| Albacete                  | 690          | 0,6                        | Guadalajara             | 680          | 0,6                        | Pontevedra                | 0            | 0,3                        |
| Alicante / <i>Alacant</i> | 0            | 0,2                        | Huelva                  | 0            | 0,2                        | Salamanca                 | 780          | 0,5                        |
| Almería                   | 0            | 0,2                        | Huesca                  | 470          | 0,7                        | SanSebas-                 | 0            | 0,3                        |
| Ávila                     | 1.130        | 1,0                        | Jaén                    | 570          | 0,4                        | tián/ <i>Donostia</i>     | 0            | 0,3                        |
| Badajoz                   | 180          | 0,2                        | León                    | 820          | 1,2                        | Santander                 | 1.000        | 0,7                        |
| Barcelona                 | 0            | 0,4                        | Lérida / <i>Leida</i>   | 150          | 0,5                        | Segovia                   | 10           | 0,2                        |
| Bilbao / <i>Bilbo</i>     | 0            | 0,3                        | Logroño                 | 380          | 0,6                        | Sevilla                   | 1.090        | 0,2                        |
| Burgos                    | 860          | 0,6                        | Lugo                    | 470          | 0,7                        | Soria                     | 0            | 0,9                        |
| Cáceres                   | 440          | 0,4                        | Madrid                  | 660          | 0,6                        | Tarragona                 | 0            | 0,4                        |
| Cádiz                     | 0            | 0,2                        | Málaga                  | 0            | 0,6                        | Tenerife                  | 950          | 0,2                        |
| Castellón                 | 0            | 0,2                        | Murcia                  | 40           | 0,2                        | Teruel                    | 550          | 0,9                        |
| Ciudad Real               | 640          | 0,6                        | Orense / <i>Ourense</i> | 130          | 0,2                        | Toledo                    | 550          | 0,5                        |
| Córdoba                   | 100          | 0,2                        | Oviedo                  | 230          | 0,4                        | Valencia/ <i>València</i> | 690          | 0,2                        |
| Coruña / <i>A Coruña</i>  | 0            | 0,3                        | Palencia                | 740          | 0,5                        | Valladolid                | 520          | 0,4                        |
| Cuenca                    | 1.010        | 1,0                        | Palma de Mallorca       | 0            | 0,4                        | Vitoria / <i>Gasteiz</i>  | 650          | 0,7                        |
| Gerona / <i>Girona</i>    | 70           | 0,4                        | Palmas, Las             | 0            | 0,2                        | Zamora                    | 210          | 0,4                        |
| Granada                   | 690          | 0,5                        | Pamplona/ <i>Iruña</i>  | 450          | 0,2                        | Zaragoza                  | 0            | 0,5                        |
|                           |              |                            |                         |              | 0,7                        | Ceuta y Melilla           | 0            | 0,2                        |

Tabla 2 Sobrecargas de Nieve.

En este caso, como ya se ha comentado en apartados anteriores, la estructura se encuentra cerca de Bilbao, por lo que el valor será  $s_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$

En cuanto al coeficiente de forma, dado que la inclinación de la cubierta es menor que  $30^\circ$ , el coeficiente  $\mu$  se tomará como 1, por lo que la sobrecarga de nieve se representará como una carga uniformemente distribuida:  $q_{\text{nieve}} = 0,3 \text{ kN/m}^2$

$$Q_{\text{Nieve}} = 0,3 \cdot \cos(5,44^\circ) = 0,2986 \text{ kN/m}^2$$

Componente perpendicular:  $0,2986 \cdot \cos(5,44^\circ) = 0,2973 \text{ kN/m}^2$

Componente paralela:  $0,2986 \cdot \sin(5,44^\circ) = 0,0283 \text{ kN/m}^2$

### 3.1.3.2.4 Viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento. Para la realización del estudio de la acción del viento sobre la cubierta se deberá acudir al Documento Básico de Seguridad Estructural de Acciones a la Edificación.

La acción del viento se traduce en una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática que puede expresarse como:

$$Q_{\text{viento}} = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

$q_b$  es la presión dinámica del viento ( $\text{kN/m}^2$ ).

$C_e$  es el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

$C_p$  es el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; el valor negativo nos indica que es succión.

El término  $q_b$ , presión dinámica del viento lo obtenemos a partir del Anejo D según el mapa proporcionado, el valor que se tomará es de  $0,52 \text{ kN/m}^2$ , correspondiente a la zona C.

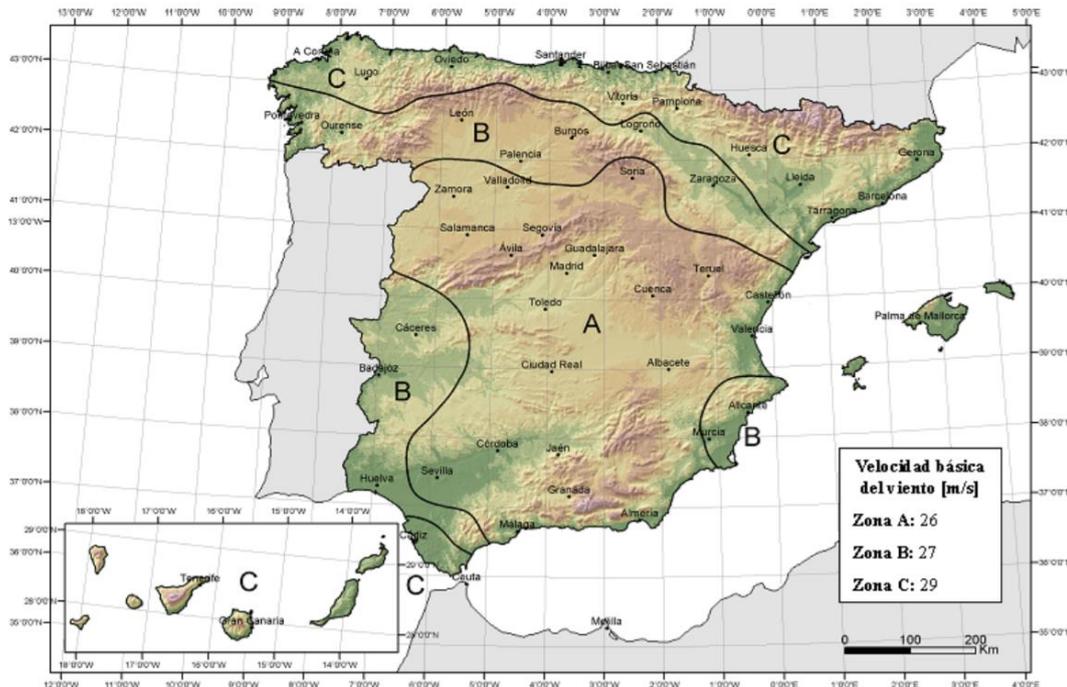


Figura 2 Valor Básico de la Velocidad del Viento.

El coeficiente de exposición para las presiones exteriores, tendrá el valor de la tabla D.2 entrando con la altura del punto considerado y siendo el grado de aspereza el referido a zona al borde del mar.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$ 

| Grado de aspereza del entorno  | Altura del punto considerado (m) |     |     |     |     |     |     |     |
|--|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 3                                | 6   | 9   | 12  | 15  | 18  | 24  | 30  |
| I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud | 2,4                              | 2,7 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,7 |
| II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia   | 2,1                              | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,5 |
| III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas       | 1,6                              | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 3,1 |
| IV Zona urbana en general, industrial o forestal   | 1,3                              | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | 2,6 |
| V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura                                    | 1,2                              | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 2,0 |

Tabla 3 Valores del Coeficiente de Exposición  $c_e$ .

La altura total del pabellón es de 13 m, por lo tanto, interpolando podemos obtener el valor del coeficiente de exposición para el estudio del viento sobre la cubierta donde se obtiene que  $C_e = 3,1667$ . Del mismo modo, se obtiene el coeficiente para el viento interior, tomando como altura la correspondiente al punto medio del hueco, por lo que  $C_e = 2,4$  (tomando como altura la mitad de la puerta de 3 m de altura). Finalmente, para el estudio del paramento lateral se considera la de su punto máximo, que es de 11 m, interpolando se obtiene un valor de 3,0667.

Resumen:

- $C_e = 3,1667$  (h= 13 m → cubierta)

- $C_e = 2,4$  (h= 1,5 m → interior)

- $C_e = 3,0667$  (h= 11 m → paramentos verticales)

De acuerdo a los coeficientes de presión exterior e interior, se presentan las diferentes situaciones que dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del punto considerado y de su área de influencia. Habrá que considerar además la simetría del pabellón, que permite calcular los coeficientes con mayor rapidez. Para calcular el área tributaria se multiplica la distancia de cada faldón o lateral por 1 m, ya que representan los anchos de los cerramientos:

$$\text{Área tributaria faldón} = 21,095 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 21,095 \text{ m}^2$$

$$\text{Área tributaria lateral} = 11 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 11 \text{ m}^2$$

Como ambas áreas son mayores que 10 m<sup>2</sup>, los coeficientes se obtienen directamente desde la tabla, teniendo en cuenta la pendiente de la cubierta.

a) Viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$  para la cubierta

Las zonas para el coeficiente de presión son las siguientes.

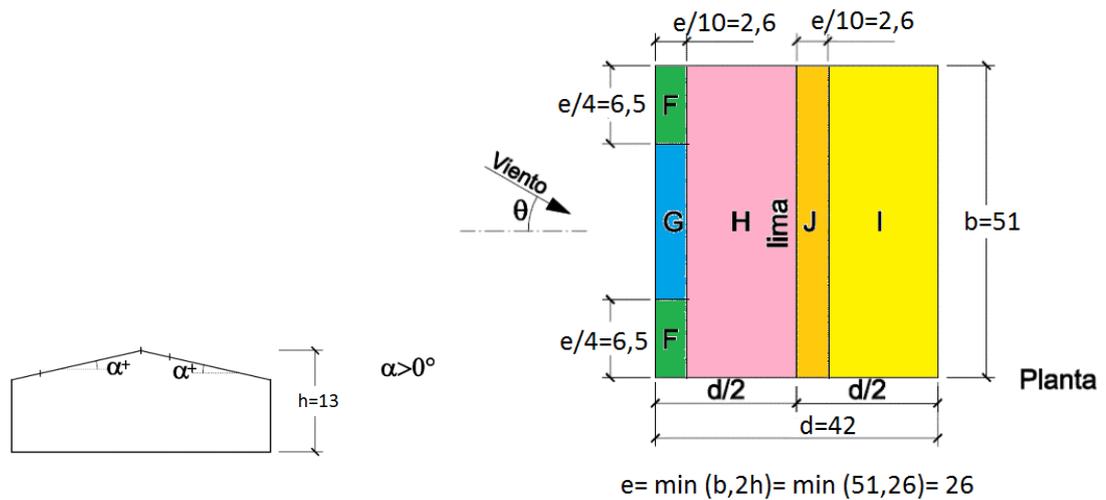


Figura 3 Representación en planta con viento a  $0^\circ$  para cubierta.

Interpolando se han obtenido los siguientes valores para una cubierta a dos aguas, un ángulo de  $5,44^\circ$  y un área tributaria  $\geq 10 \text{ m}^2$ .

|                             | F       | G       | H       | I       | J       |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>V[0°/180°], tipo [1]</b> | -1,6648 | -1,1824 | -0,5868 | -0,5912 | 0,1472  |
| <b>V[0°/180°], tipo [2]</b> | 0,0088  | 0,0088  | 0,0088  | -0,5736 | -0,5736 |

Tabla 4 Coeficientes de presión para el viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$ .

Aplicando la fórmula mencionada anteriormente:  $q_{\text{viento}} = q_b \cdot c_e \cdot c_p \text{ [kN/m}^2\text{]}$

|                                     | F       | G       | H       | I       | J       |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>V[0°/180°], tipo [1] [kN/m²]</b> | -2,7414 | -1,9470 | -0,9663 | -0,9735 | 0,2424  |
| <b>V[0°/180°], tipo [2] [kN/m²]</b> | 0,0145  | 0,0145  | 0,0145  | -0,9445 | -0,9445 |

Tabla 5 Presión estática para el viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$ .

Para el caso del viento a  $180^\circ$  debido a la simetría del pabellón poseen los mismos valores.

b) Viento exterior a  $45^\circ \leq \vartheta \leq 135^\circ$  para la cubierta

Al igual que en el caso anterior, interpolando se obtienen los siguientes valores.

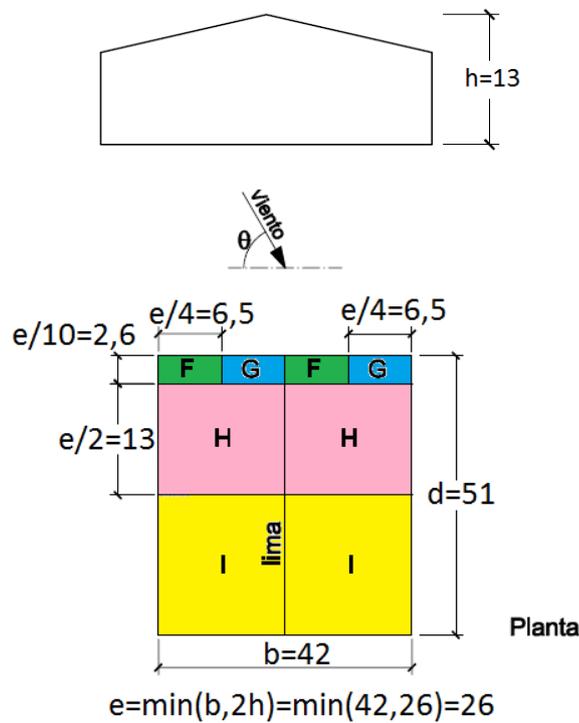


Figura 4 Representación en planta con viento a  $45^\circ \leq \vartheta \leq 135^\circ$  para la cubierta.

|                         | F       | G    | H       | I       |
|-------------------------|---------|------|---------|---------|
| $V[90^\circ/270^\circ]$ | -1,5868 | -1,3 | -0,6956 | -0,5956 |

Tabla 6 Coeficientes de presión para el viento exterior a  $45^\circ \leq \vartheta \leq 135^\circ$ .

Del mismo modo:

|  | F       | G       | H       | I       |
|--|---------|---------|---------|---------|
| $V[90^\circ/270^\circ]$ [kN/m <sup>2</sup> ] | -2,6130 | -2,1407 | -1,1454 | -0,9808 |

Tabla 7 Presión estática para el viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$ .

Mismos valores para el viento a  $270^\circ$  de cara al estudio de la cubierta. Más adelante se verá que esto no ocurre para los valores del viento interior.

c) Viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$  para el lateral

Para la situación de viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$  se han obtenido mediante interpolación los siguientes valores para un área tributaria  $\geq 10 \text{ m}^2$  y un  $\frac{h}{d} = \frac{13}{42} = 0,3095$ . Mismos valores para el viento a  $180^\circ$ .

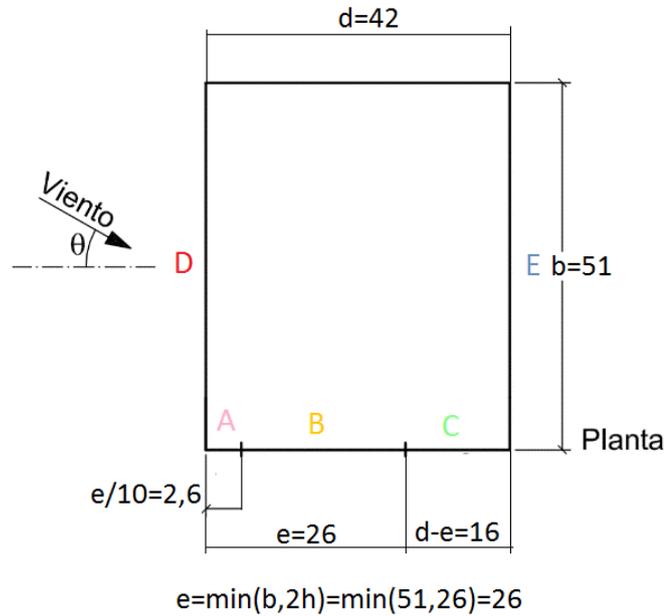


Figura 5 Representación en planta con viento a  $0^\circ$  para el lateral.

|                   | A         | h/d    | A    | B    | C    | D      | E       |
|-------------------|-----------|--------|------|------|------|--------|---------|
| <b>V[0°/180°]</b> | $\geq 10$ | 0,3095 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | 0,7079 | -0,3159 |

Tabla 8 Coeficientes de presión para el viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$ .

|                           | A       | B       | C       | D      | E       |
|---------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
| <b>V[0°/180°] [kN/m²]</b> | -1,9136 | -1,2757 | -0,7973 | 1,1289 | -0,5038 |

Tabla 9 Presión estática para el viento exterior a  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$ .

d) Viento exterior a  $45^\circ \leq \vartheta \leq 135^\circ$  para el lateral

Para la situación de viento exterior a  $90^\circ$  y  $270^\circ$  se han obtenido mediante interpolación los siguientes valores para un área tributaria  $\geq 10 \text{ m}^2$  y un  $\frac{h}{a} = \frac{13}{51} = 0,2549$ .

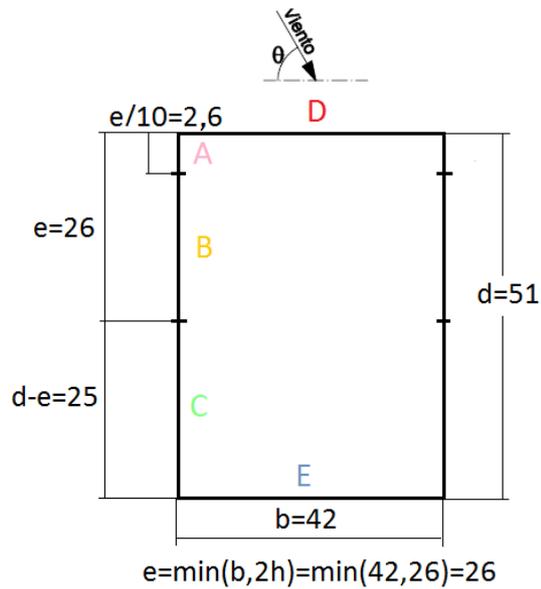


Figura 6 Representación en planta con viento a  $90^\circ$  y  $270^\circ$  para el lateral.

|                           | A         | h/d    | A    | B    | C    | D      | E       |
|---------------------------|-----------|--------|------|------|------|--------|---------|
| V[ $90^\circ/270^\circ$ ] | $\geq 10$ | 0,2549 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | 0,7007 | -0,3013 |

Tabla 10 Coeficientes de presión para el viento exterior a  $90^\circ$  y  $270^\circ$ .

|  | A       | B       | C       | D      | E       |
|--|---------|---------|---------|--------|---------|
| V[ $90^\circ/270^\circ$ ] [kN/m <sup>2</sup> ] | -1,9136 | -1,2757 | -0,7973 | 1,1174 | -0,4805 |

Tabla 11 Presión estática para el viento exterior a  $90^\circ$  y  $270^\circ$ .

e) Viento interior a 0º y 180º para la cubierta y el lateral

Para obtener los coeficientes de presión interior es necesario estudiar el número de huecos del pabellón y su tamaño. En este caso, el cálculo se simplifica considerablemente al estudiar únicamente los dos huecos de 4x3m existentes en uno de los lados. Esto es debido a que es la única abertura del pabellón desde la que entra el viento exterior hasta el interior de él, el resto de aberturas, a pesar de entrar viento existen paredes intermedias. Conocida la esbeltez en el plano paralelo al viento, y el área de los huecos susceptibles de efectos del viento interior, se obtienen todos los coeficientes necesarios.

| Esbeltez en el plano paralelo al viento | Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
|   | 0,0  | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |  |
| ≤1                                      | 0,7  | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,3 | -0,4 | -0,5 |  |
| ≥4                                      | 0,5  | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,3 |  |

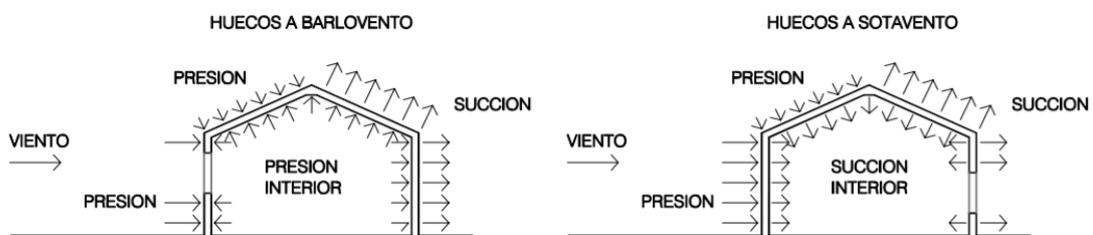


Tabla 12 Coeficientes de Presión Interior.

Con  $\frac{h}{d} = \frac{13}{42} = 0,3095 \leq 1 \rightarrow C_{pi} = -0,5$  (Área de huecos a succión = 1)

Para todo el pabellón:  $q_e = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,5) = -0,624 \text{ kN/m}^2$

f) Viento interior a 90º para la cubierta y el lateral

De nuevo, se procede del mismo modo que para el viento interior a 0º y 180º, por lo que primero se calcula la relación entre h y d (d pasa a ser ahora 51 m, teniendo en cuenta el cambio en la dirección del viento).

Con  $\frac{h}{d} = \frac{13}{51} = 0,2549 \leq 1 \rightarrow C_{pi} = -0,5$  (Área de huecos a succión = 1)

Para todo el pabellón:  $q_e = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,5) = -0,624 \text{ kN/m}^2$

g) Viento interior a 270º para la cubierta y el lateral

En esta dirección del viento se encuentran las dos aberturas, por lo que:

Con  $\frac{h}{d} = \frac{13}{51} = 0,2549 \leq 1 \rightarrow C_{pi} = 0,7$  (Área de huecos a succión = 0)

Para todo el pabellón:  $q_e = 0,52 \cdot 1,3 \cdot (0,7) = 0,8736 \text{ kN/m}^2$

### 3.1.3.2.4.1 Resumen de la presión estática para la cubierta

Es necesario tener en cuenta que existe un viento exterior y un viento interior que se produce cuando las puertas están abiertas. Por ello, habrá que considerar la situación más desfavorable cuando existe únicamente viento exterior o ambos vientos simultáneamente.

- Dirección del viento a 0° y 180°

|                 |                   | F       | G       | H       | I       | J       |
|-----------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Viento exterior | Tipo 1            | -2,7414 | -1,9470 | -0,9663 | -0,9735 | 0,2424  |
|                 | Tipo 2            | 0,0145  | 0,0145  | 0,0145  | -0,9445 | -0,9445 |
| Viento interior | -0,6240 (succión) |         |         |         |         |         |
| Viento total    | Tipo 1            | -2,1174 | -1,3230 | -0,3423 | -0,3495 | 0,8664  |
|                 | Tipo 2            | 0,6385  | 0,6385  | 0,6385  | -0,3205 | -0,3205 |

Tabla 13 Resumen presión estática para viento a 0° y 180°.

- Dirección del viento a 90°

|                 |                  | F       | G       | H       | I       |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| Viento exterior |                  | -2,6130 | -2,1407 | -1,1454 | -0,9808 |
| Viento interior | 0,6240 (succión) |         |         |         |         |
| Viento total    |                  | -1,9890 | -1,5167 | -0,5214 | -0,3568 |

Tabla 14 Resumen presión estática para viento a 90°.

- Dirección del viento a 270°

|                 |                  | F       | G       | H       | I       |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| Viento exterior |                  | -2,6130 | -2,1407 | -1,1454 | -0,9808 |
| Viento interior | 0,8736 (presión) |         |         |         |         |
| Viento total    |                  | -3,4866 | -3,0143 | -2,0190 | -1,8544 |

Tabla 15 Resumen presión estática para viento a 270°.

A partir de los valores resaltados (más desfavorables) se obtienen las cargas de presión y succión de cara al cálculo de la cubierta.

$$Q_{vp} = 0,8664 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{vs} = -3,4866 \text{ kN/m}^2$$

### 3.1.3.2.4.2 Resumen de la presión estática para el lateral

De igual manera, se procede con el lateral.

- Dirección del viento a 0° y 180°

|                 | A                | B       | C       | D             | E       |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------------|---------|
| Viento exterior | <b>-1,9136</b>   | -1,2757 | -0,7973 | 1,1289        | -0,5038 |
| Viento interior | 0,6240 (succión) |         |         |               |         |
| Viento total    | -1,2896          | -0,6517 | -0,1733 | <b>1,7529</b> | 0,1202  |

Tabla 16 Resumen presión estática para viento a 0° y 180°.

- Dirección del viento a 90°

|                 | A                | B       | C       | D             | E       |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------------|---------|
| Viento exterior | <b>-1,9136</b>   | -1,2757 | -0,7973 | 1,1174        | -0,4805 |
| Viento interior | 0,6240 (succión) |         |         |               |         |
| Viento total    | -1,2896          | -0,6517 | -0,1733 | <b>1,7414</b> | 0,1435  |

Tabla 17 Resumen presión estática para viento a 90°.

- Dirección del viento a 270°

|                 | A                | B       | C       | D             | E       |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------------|---------|
| Viento exterior | -1,9136          | -1,2757 | -0,7973 | <b>1,1174</b> | -0,4805 |
| Viento interior | 0,8736 (presión) |         |         |               |         |
| Viento total    | <b>-2,7872</b>   | -2,1493 | -1,6709 | 0,2438        | -1,3541 |

Tabla 18 Resumen presión estática para viento a 270°.

A partir de los valores resaltados (más desfavorables) se obtienen las cargas de presión y succión de cara al cálculo del lateral.

$$Q_{VP} = 1,7529 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VS} = -2,7872 \text{ kN/m}^2$$

### 3.1.3.3 Acciones accidentales

#### 3.1.3.3.1 Sismo

Las acciones sísmicas están reguladas en el NSCE-02, Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación. El objeto de esta es proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, cuya finalidad es evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que puedan ocasionar los terremotos futuros.

No se deberán tener en cuenta los posibles efectos del sismo en los terrenos donde la aceleración sísmica básica es menor a  $0,04g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad. La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación el valor de la gravedad,  $g$ , la aceleración sísmica básica,  $a_b$ —un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno— y el coeficiente de contribución  $K$ , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

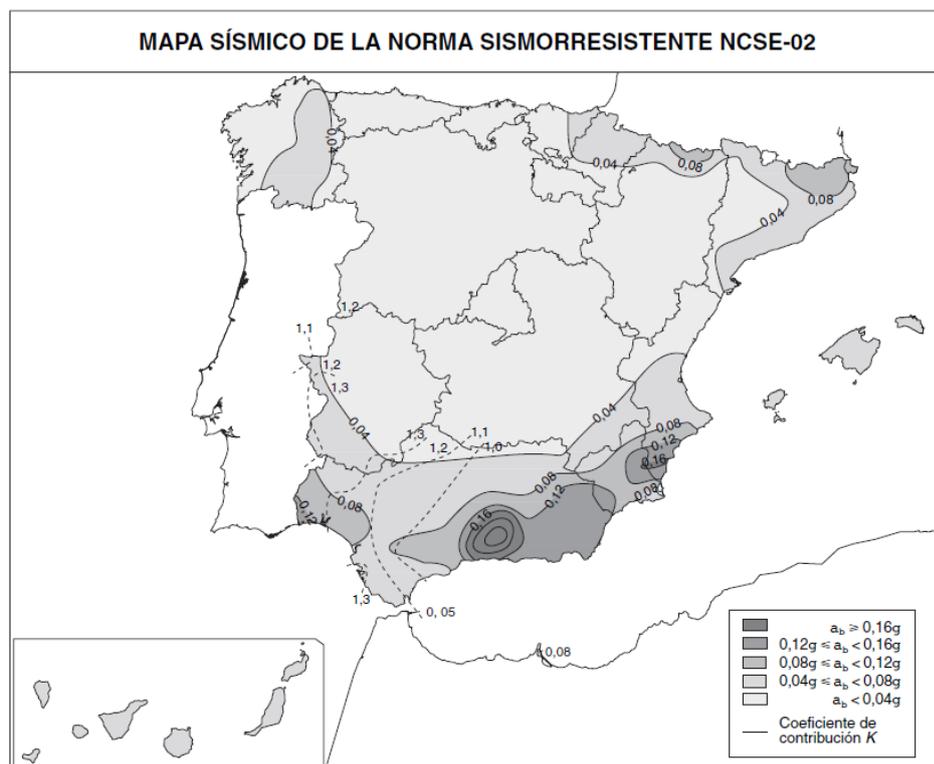


Figura 7 Mapa de Peligrosidad sísmica.

Dado que la aceleración sísmica básica es menor que  $0,04g$  no es necesario tener en cuenta los posibles efectos del sismo para el presente proyecto.

**3.1.3.3.2 Incendio**

Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio están definidas en el DB-SI, Documento Básico de Seguridad en caso de incendio. En lo referente al cálculo estructural no afectarán dichas acciones como tal, pero deberán tenerse en cuenta para su debido cumplimiento. Estas acciones serán analizadas en el documento 2. Memoria.

**3.1.3.3.3 Impacto**

Las acciones sobre el edificio causadas por impactos accidentales no son de estudio para este proyecto dado que únicamente existe un tránsito de personas y no de vehículos o carretillas elevadoras.

### 3.1.4 Combinación de hipótesis

A continuación, se ha realizado el estudio de las combinaciones de cargas correspondientes a una situación persistente o transitoria para la comprobación de la resistencia del panel seleccionado:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Para la realización de este estudio se ha tenido en cuenta tanto las acciones permanentes como las variables, éstas últimas si se presentan con más acciones variables se considerarán los coeficientes de simultaneidad.

Para el cálculo de los coeficientes de seguridad se tomarán los valores en función de si la acción es favorable o desfavorable, así mismo se asignarán los coeficientes de simultaneidad para las cargas variables.

| Tipo de verificación <sup>(1)</sup> | Tipo de acción                | Situación persistente o transitoria |                |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------|
|                                     |                               | desfavorable                        | favorable      |
| Resistencia                         | Permanente                    |                                     |                |
|                                     | Peso propio, peso del terreno | 1,35                                | 0,80           |
|                                     | Empuje del terreno            | 1,35                                | 0,70           |
|                                     | Presión del agua              | 1,20                                | 0,90           |
|                                     | Variable                      | 1,50                                | 0              |
|                                     |                               | desestabilizadora                   | estabilizadora |
| Estabilidad                         | Permanente                    |                                     |                |
|                                     | Peso propio, peso del terreno | 1,10                                | 0,90           |
|                                     | Empuje del terreno            | 1,35                                | 0,80           |
|                                     | Presión del agua              | 1,05                                | 0,95           |
|                                     | Variable                      | 1,50                                | 0              |

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 19 Coeficientes de seguridad.

|  | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)  |                |                |                |
| • Zonas residenciales (Categoría A)  | 0,7            | 0,5            | 0,3            |
| • Zonas administrativas (Categoría B)  | 0,7            | 0,5            | 0,3            |
| • Zonas destinadas al público (Categoría C)  | 0,7            | 0,7            | 0,6            |
| • Zonas comerciales (Categoría D)  | 0,7            | 0,7            | 0,6            |
| • Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E) | 0,7            | 0,7            | 0,6            |
| • Cubiertas transitables (Categoría F)   |                | <sup>(1)</sup> |                |
| • Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)   | 0              | 0              | 0              |
| Nieve  |                |                |                |
| • para altitudes > 1000 m  | 0,7            | 0,5            | 0,2            |
| • para altitudes ≤ 1000 m  | 0,5            | 0,2            | 0              |
| Viento   | 0,6            | 0,5            | 0              |
| Temperatura  | 0,6            | 0,5            | 0              |
| Acciones variables del terreno   | 0,7            | 0,7            | 0,7            |

<sup>(1)</sup> En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla 20 Coeficientes de simultaneidad.

### 3.1.4.1 Combinaciones para la cubierta

Los coeficientes seleccionados son 1,35 para cargas permanentes cuando sean desfavorables y 0,8 cuando sean favorables. Para las cargas variables serán 1,5 cuando sean desfavorables y 0 cuando sean favorables. En cuanto a los coeficientes de simultaneidad se ha tomado 0,6 para el viento y 0,5 para la nieve.

Se considera que una acción es favorable cuando compensa la acción producida por otra. En este caso todas las acciones serán desfavorables, ya que al estar las cargas en diferentes planos ninguna se compensa. Dado que la cubierta es sólo accesible para su conservación no es concomitante con el resto de acciones variables.

Realizando la combinación de las acciones se obtiene:

1.  $1,35 \text{ PP}$
2.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ USO}$
3.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ NIEVE}$
4.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ VP}$
5.  $0,8 \text{ PP} + 1,5 \text{ VS}$
6.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ NIEVE} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{VP}$
7.  $0,8 \text{ PP} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{NIEVE} + 1,5 \text{ VS}$
8.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{NIEVE} + 1,5 \text{ VP}$

Atendiendo a las combinaciones se pueden considerar algunas de ellas despreciables, quedando las siguientes como más críticas:

2.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ USO}$
5.  $0,8 \text{ PP} + 1,5 \text{ VS}$
6.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ NIEVE} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{VP}$
8.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{NIEVE} + 1,5 \text{ VP}$

Hay que tener en cuenta que el peso propio, la sobrecarga de uso y la nieve son cargas gravitatorias, es decir, que actúan verticalmente, mientras que el viento lo hace perpendicularmente al faldón. Debido a esto, se analizarán las componentes perpendiculares por un lado y las paralelas por otro lado, dando así a una acción resultante.

### 3.1.4.2 Combinaciones para el lateral

Realizando la combinación de las acciones se obtiene:

1. 1,35 PP
2. 1,35 PP + 1,5 VP
3. 1,35 PP + 1,5 VS

Nótese que todas las cargas no tienen la misma dirección, es decir, el peso al ser una carga gravitatoria tendrá sentido vertical, paralelo al plano de los paramentos verticales, sin embargo, en el caso del viento al ser perpendicular a la superficie presenta la dirección perpendicular a la carga de peso. Únicamente se tendrá en cuenta los vientos ya que el peso no ejerce ninguna carga sobre el panel de la fachada.

Resumen de cargas para selección de cerramientos:

|                        |               | <b>kN/m<sup>2</sup></b> |
|------------------------|---------------|-------------------------|
| <b>NIEVE</b>           | Perpendicular | 0,2973                  |
|                        | Paralelo      | 0,0283                  |
| <b>USO</b>             | Perpendicular | 0,3964                  |
|                        | Paralelo      | 0,0378                  |
| <b>VIENTO CUBIERTA</b> | PRESIÓN       | 0,8664                  |
|                        | SUCCIÓN       | -3,4866                 |
| <b>VIENTO LATERAL</b>  | PRESIÓN       | 1,7529                  |
|                        | SUCCIÓN       | -2,7872                 |

Tabla 21 Resumen de cargas para cálculo del cerramiento.

### 3.1.5 Selección del cerramiento

#### 3.1.5.1 Panel de cubierta

Para el cálculo de la resistencia de la cubierta, se tomará la combinación más desfavorable que se debe soportar, ya que cumpliendo ésta el resto también lo hará. A partir de los datos del catálogo general ACH, se escoge un panel de cubierta cuya carga pueda soportar la carga máxima obtenida de la combinación más desfavorable.

El panel ACH se conforma en frío, estando unidas las dos láminas exteriores mediante un núcleo central aislante formado por lanas minerales (vidrio o roca). Al estar compuesto el núcleo de lanas minerales, el productor adquiere una gran resistencia/estabilidad al fuego, que le hace apropiado para recintos con asistencia al público. Además, las altas propiedades acústicas del producto mejoran sensiblemente la calidad medioambiental. Las características son las siguientes:

#### Estructura de los paneles ACH

##### LÁMINAS DE ACERO

Acero galvanizado S220GD Z225 s/norma EN10346 de espesor entre 0,5 y 1,0 mm. Recubrimiento orgánico s/norma EN10169. Se puede fabricar en otros materiales como acero inoxidable, aluminio, etc.

##### EL NÚCLEO AISLANTE INTERNO

Formado por lanas minerales (de roca o vidrio) con diferentes densidades de 55 a 145 kg/m<sup>3</sup>.

El sistema de fresado propio de ACH, garantiza el llenado de los huecos de cada perfil, sea nervado o plano.

La clasificación de las lanas minerales ante la reacción al fuego es A2-s1, d0.

#### Las ventajas

Los paneles ACH, comunican al proyecto sus mejores características, tanto en el proceso de construcción, como posteriormente de cara a la habitabilidad.

##### FACILIDAD DE MONTAJE

La sencillez del panel ACH, combinada con su sistema de fijación, hace que esta solución permita un montaje más rápido que cualquier otra solución de cerramientos.

##### ECOLÓGICOS

Cada unidad energética consumida en su fabricación equivale a 25 unidades de ahorro en uso.

##### ESTANQUEIDAD

Las superficies de los paneles ACH, son estancas al agua y al aire. La lana mineral ACH es estanca al agua gracias a sus propiedades hidrófugas.

##### ACÚSTICA

La elasticidad de su estructura abierta, les confiere una alta capacidad de absorber la energía acústica que produce el ruido, y evitar el efecto de acoplamiento de ondas estacionarias.

##### RESISTENCIA AL FUEGO Y ESTANCOS A LA LLAMA

Por su carácter inorgánico, no arden ni producen humos, además mantienen su capacidad de aislamiento térmico, incluso a altas temperaturas.

##### HIGIENE

Las lanas minerales son elementos inertes y no permiten el crecimiento de microorganismos ni insectos, no sirven como aislamiento para roedores y son imputrescibles.

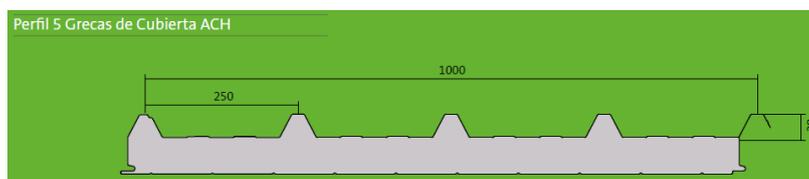


Figura 8 Detalles del panel de cubierta.

### PANEL 5 GRECAS DE CUBIERTA ACH

Características

| Espesor mm | Peso (kg/m <sup>2</sup> ) | K (W/m <sup>2</sup> K) | EI (min) Res. fuego* |
|------------|---------------------------|------------------------|----------------------|
| 30         | 13,1                      | 0,901                  | –                    |
| 40         | 14,3                      | 0,840                  | –                    |
| 50         | 15,5                      | 0,621                  | 30                   |
| 60         | 16,7                      | 0,589                  | 30                   |
| 80         | 19,1                      | 0,414                  | 60                   |
| 100        | 21,5                      | 0,404                  | 120                  |
| 120        | 23,9                      | 0,340                  | 120                  |
| 150        | 27,5                      | 0,275                  | 120                  |
| 200        | 33,5                      | 0,209                  | 120                  |

\* Consultar certificados disponibles al fabricante.



CERRAMIENTOS INDUSTRIALES

#### Gráfico sobrecarga panel triapoyado

| Luz  | 80   | 100  | 120  | 150  | 200  | Coeficiente Seguridad 2,5<br>Flecha L/200<br>Núcleo tipo M                          |
|------|------|------|------|------|------|---|
| E30  | 3,40 | 2,90 | 2,60 | 2,21 | –    |   |
| E40  | 3,60 | 3,10 | 2,85 | 2,35 | –    |   |
| E50  | 3,96 | 3,42 | 2,98 | 2,50 | 1,92 |   |
| E60  | 4,40 | 3,75 | 3,10 | 2,80 | 2,25 |   |
| E80  | 5,76 | 5,16 | 4,48 | 3,66 | 2,77 |   |
| E100 | 6,60 | 5,68 | 4,76 | 3,88 | 2,94 |  |
| E120 | 7,50 | 6,10 | 5,15 | 4,41 | 3,12 |  |
| E150 | 8,90 | 7,48 | 6,50 | 5,05 | 4,08 |  |
| E200 | 9,40 | 8,30 | 7,05 | 6,00 | 5,20 |  |

Tabla 22 Características del panel de cubierta.

Para un panel de espesor 80 mm el peso propio es de  $21,5 \text{ kg/m}^2 = 0,2109 \text{ kN/m}^2$ .

Componente perpendicular:  $0,2109 \cdot \cos(5,44^\circ) = 0,201 \text{ kN/m}^2$

Componente paralela:  $0,2109 \cdot \sin(5,44^\circ) = 0,02 \text{ kN/m}^2$

Añadiendo el peso propio de la chapa, se obtiene que la combinación más crítica es:

#### Combinaciones con cargas perpendiculares

2.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ U} = 1,35 \cdot 0,201 + 1,5 \cdot 0,3964 = 0,866 \text{ kN/m}^2$
5.  $0,8 \text{ PP} + 1,5 \text{ VS} = 0,8 \cdot 0,201 + 1,5 \cdot (-3,4866) = -5,0691 \text{ kN/m}^2$
6.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ N} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{VP} = 1,35 \cdot 0,201 + 1,5 \cdot 0,2973 + 0,9 \cdot 0,8664 = 1,4971 \text{ kN/m}^2$
8.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{N} + 1,5 \text{ VP} = 1,35 \cdot 0,201 + 0,75 \cdot 0,2973 + 1,5 \cdot 0,8664 = 1,7939 \text{ kN/m}^2$

#### Combinaciones con cargas paralelas

2.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ USO} = 1,35 \cdot 0,02 + 1,5 \cdot 0,0378 = 0,0837 \text{ kN/m}^2$
5.  $0,8 \text{ PP} = 0,8 \cdot 0,02 = 0,016 \text{ kN/m}^2$
6.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ N} = 1,35 \cdot 0,02 + 1,5 \cdot 0,0283 = 0,06945 \text{ kN/m}^2$
8.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{N} = 1,35 \cdot 0,02 + 0,75 \cdot 0,0283 = 0,0482 \text{ kN/m}^2$

Se puede observar que la combinación más desfavorable es la número 5 de donde se obtiene una carga resultante de:

$$R = \sqrt{5,0691^2 + 0,0016^2} = 5,0691 \text{ kN/m}^2$$

Interpolando entre los valores de 100 cm y 120 cm de distancia entre correas se obtendría que para esa carga la distancia sería de 113,28 cm. Para facilitar su montaje con una medida más exacta se escogerá una distancia entre correas de 110 cm.

**3.1.5.2 Panel de fachada**

Para la fachada se escogerá un panel del catálogo EUROPERFIL, concretamente un panel ETNA 1000 PUR. Se trata de un panel sándwich con reacción al fuego Euroclase B-s2,d0. Incluye los requisitos de aislamiento térmico, acústico y de incendio, por lo tanto, se ha buscado un panel con un buen comportamiento frente a la corrosión que protege las fijaciones.

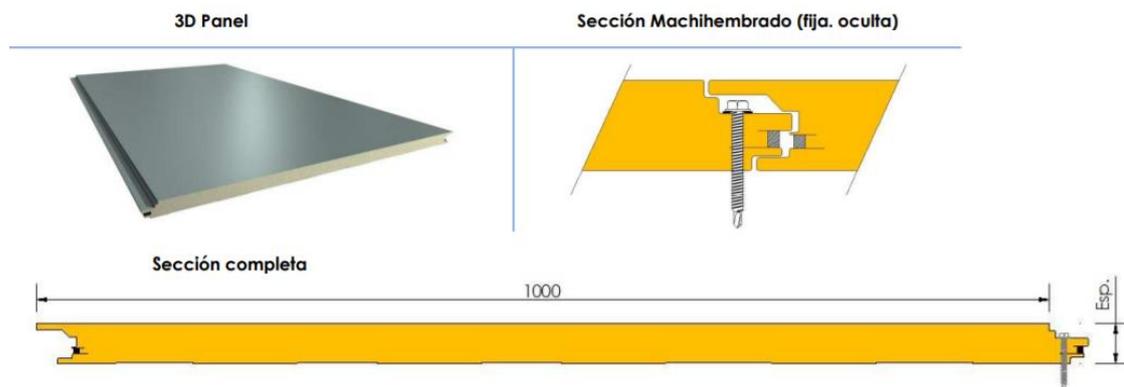


Figura 9 Detalles del panel ETNA 1000 PUR.

- Vano triple:

Luz máxima admisible (m):

| Esp. (mm): | Caf. Color (4): | Carga a presión (daN/m <sup>2</sup> ): |      |      |      |      |      | Carga a depresión (5) (daN/m <sup>2</sup> ): |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|-----------------|--|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|
|            |                 | 50                                     | 75   | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  | 50   | 75   | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  |
| 40         | I-Muy Claro     | 4,40                                   | 3,60 | 3,20 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,10   | 4,40 | 3,60 | 3,20 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,10 |
|            | II-Claro        | 4,40                                   | 3,60 | 3,20 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,10   | 4,40 | 3,60 | 3,20 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,10 |
|            | III-Oscuro      | 4,40                                   | 3,60 | 3,20 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,10   | 4,40 | 3,60 | 3,20 | 2,80 | 2,50 | 2,30 | 2,10 |
| 50         | I-Muy Claro     | 4,50                                   | 4,30 | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 | 2,60   | 4,50 | 4,30 | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 | 2,60 |
|            | II-Claro        | 4,50                                   | 4,30 | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 | 2,60   | 4,50 | 4,30 | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 | 2,60 |
|            | III-Oscuro      | 4,50                                   | 4,30 | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 | 2,60   | 4,50 | 4,30 | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 | 2,60 |

Tabla 23 Cargas máximas en daN/m2

Para un panel de espesor 50 mm el peso propio es de 12,86 kg/m<sup>2</sup> ~ 0,126 kN/m<sup>2</sup>. La combinación más crítica es:

- 2. 1,5 VP = 1,5 · 1,7529= 2,6294 kN/m<sup>2</sup>
- 3. 1,5 VS = 1,5 · (-2,7872)= **-4,1808 kN/m<sup>2</sup>**

Interpolando entre los valores recuadrados se obtiene una distancia entre correas de 80,96 cm, pero como en el caso anterior se colocará a una distancia de 80 cm para facilitar su montaje.

### 3.1.6 Programa de cálculo estructural

A través del programa de cálculo de estructuras llamado CYPE se realizará el cálculo y dimensionamiento del pabellón polideportivo. El primer paso a seguir, es determinar las hipótesis de cargas actuantes sobre la estructura, y después, para el dimensionamiento de las correas de cubierta y fachada y la generación de las cargas al CYPE 3D, se empleará el programa Generador de pórticos.

Una vez seleccionado el perfil de las correas, se exportará los datos al CYPE 3D y se incluirá posteriormente los pórticos, entreplantas, arriostramientos restantes, para el dimensionamiento del pabellón.

#### 3.1.6.1 Determinación de parámetros iniciales

Para el dimensionamiento de las correas y la generación de las cargas al CYPE 3D, se empleará el programa Generador de pórticos. Para la generación de las cargas de viento laterales y frontales es imprescindible activar cerramiento lateral.

Datos generales

Número de vanos: 8

Separación entre pórticos: 6.00 m

Con cerramiento en cubierta

Peso del cerramiento: 0.21 kN/m<sup>2</sup>

Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m<sup>2</sup>

Con cerramiento en laterales

Peso del cerramiento: 0.13 kN/m<sup>2</sup>

Con sobrecarga de viento: CTE DB SE-AE (España)

Con sobrecarga de nieve: CTE DB SE-AE (España)

Combinaciones de cargas para cálculo de correas

Estados límite

E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

Desplazamientos

Acciones características

Categorías de uso

Acero laminado: CTE DB SE-A

Acero conformado: CTE DB SE-A

G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

Aceptar Cancelar

Figura 10 Datos generales de la obra.

Dado que existen dos diferentes distancias entre pórticos, 3 y 6 metros, se colocará una distancia de 6 m ya que existen más pórticos separados a esa distancia. Además, esto conlleva a colocar únicamente el número de vanos que hay entre dichos pórticos, pero se introducirán los pórticos restantes en el CYPE 3D. Por ello, en los tramos donde halla 3 metros de distancia entre pórticos, dichas correas se encontrarán sobredimensionadas dado que se calcularon para 6 metros.

Los pesos del cerramiento en cubierta y en el lateral son los obtenidos anteriormente:

$$PP_{\text{cubierta}} = 0,211 \text{ kg/m}^2$$

$$PP_{\text{lateral}} = 0,126 \text{ kN/m}^2$$

Como se trata de una cubierta accesible únicamente para mantenimiento existirá una sobrecarga del cerramiento de 0,4 kN/m<sup>2</sup>.

La normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento será la CTE DB SE-AE, donde Santurtzi corresponde a una zona eólica C, con un grado de aspereza IV y huecos no abiertos permanentemente. Para el cálculo, se tendrán en cuenta únicamente los dos huecos principales de 4x3 metros.

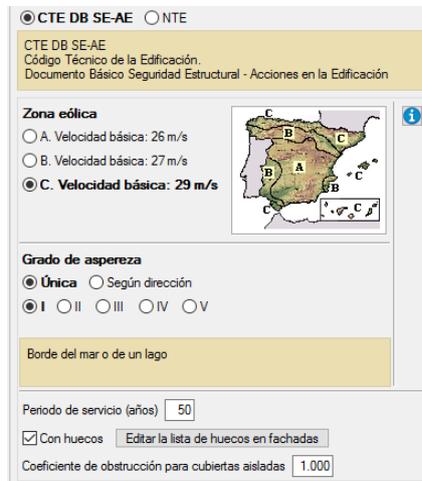


Figura 11 Sobrecarga de viento.

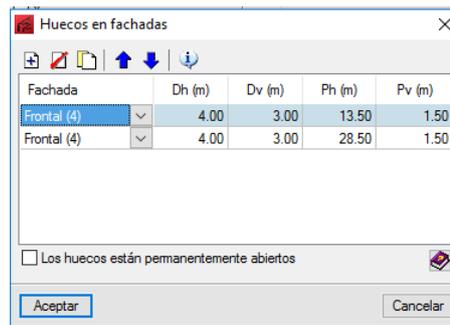
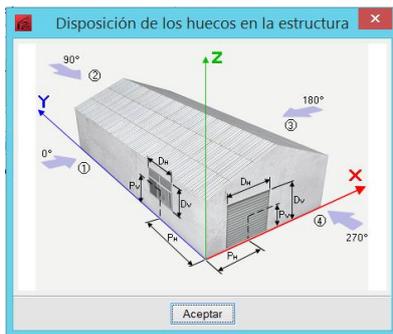


Figura 12 Referencia para la distribución de los huecos del pabellón.

La normativa para la sobrecarga de nieve será la misma que para la del viento. Seleccionando la localidad en el mapa que se muestra en el programa se escogerán los datos automáticamente.

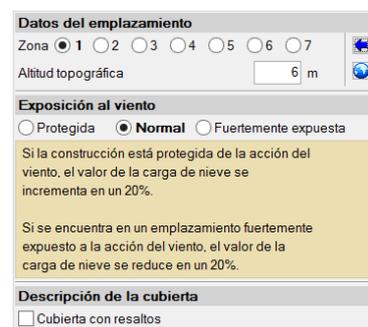
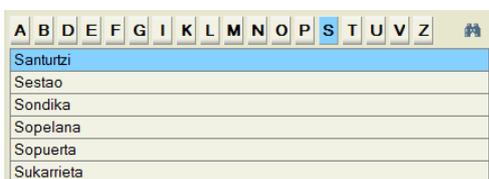


Figura 13 Datos de la sobrecarga de nieve.



Una vez se han definido los datos generales del proyecto, se define la geometría del pórtico para, posteriormente, realizar la selección y el dimensionamiento de las correas de cubierta y el lateral. Se creará un pórtico a 2 aguas con celosía americana.

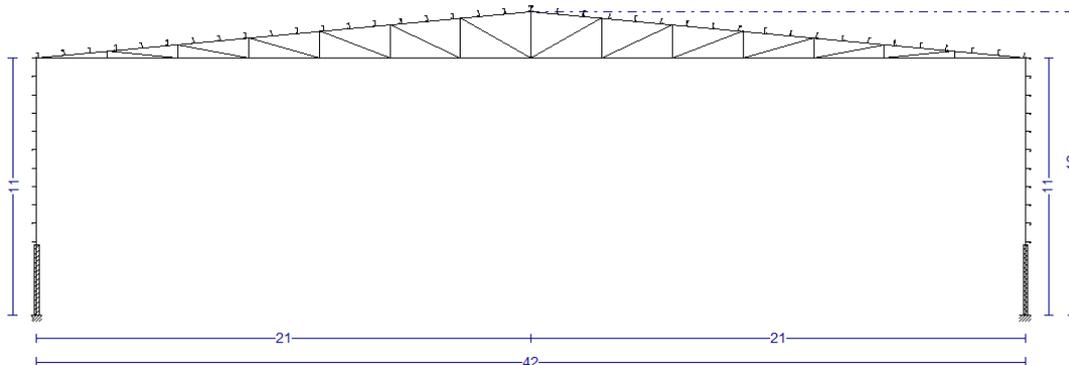


Figura 14 Plano del pórtico.

Es necesario destacar que debido al ángulo tan pequeño existente en los extremos de la celosía es necesaria separar el cordón superior del inferior para facilitar el montaje a la hora de soldar las uniones. Por ello, se separará a una distancia de 2 m y así también las diagonales y montantes de la celosía formarán un ángulo que se encuentre dentro de los valores óptimos para la formación de las uniones. Además, para evitar problemas con los paneles de la fachada debido a golpes o posibles destrozos se ha decidido colocar un muro lateral no auto portante que rodee todo el edificio de 3 metros de altura.

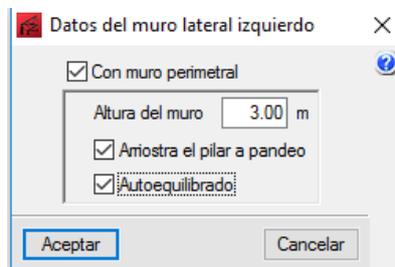


Figura 15 Datos del muro perimetral.

### 3.1.7 Cálculo de correas

A continuación, se procederá con el dimensionamiento de las correas, y para ello se selecciona la opción Edición de correas en cubierta y laterales.

#### 3.1.7.1 Correas de cubierta

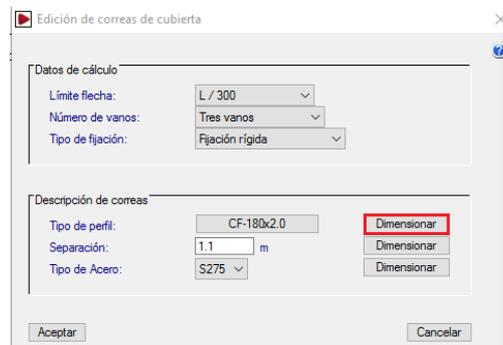


Figura 16 Edición de correas en cubierta.

-Límite de flecha:  $L/300$  → Considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa será menor que  $L/300$  (el resto de los casos) como indica el apartado 4.3.3.1 Flechas del CTE DB SE.

-Número de vanos: Tres vanos → Existen 3 o más vanos.

-Tipo de fijación: Fijación rígida → Suponiendo que la cubierta irá atornillada a las correas impidiendo su giro.

A partir de la opción de dimensionar marcada se optimiza el perfil para la separación escogida. Las correas tipo C, es el perfil más adecuado para la construcción de cubiertas y fachadas industriales con una pendiente inferior a 20%, por lo que se escogerá un perfil conformado en C, a una separación de 1,10 m (calculada anteriormente) y tipo de acero S275. El programa irá verificando todos los perfiles de la serie elegida.

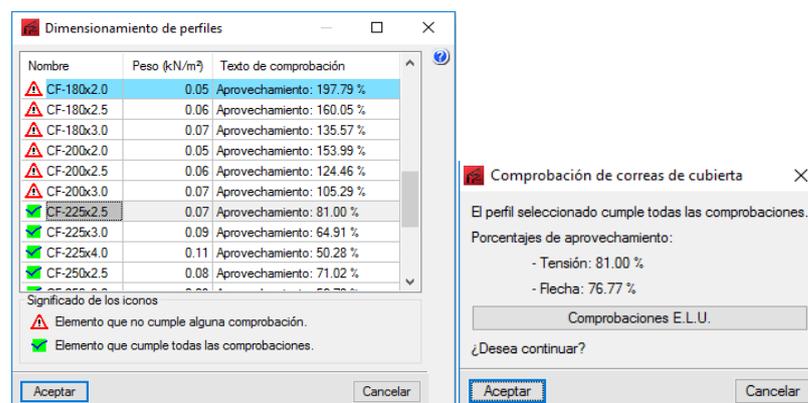


Figura 17 Listado de perfiles admisibles.

Se escogerá el perfil recuadrado debido a su menor peso en comparación con el resto, por lo que implicará un menor coste y además, se aprovechará dicho perfil en un 81%. A continuación se muestran las comprobaciones a resistencia y flecha para las correas de cubierta:

Comprobación de resistencia

|   |
|---|
| Comprobación de resistencia                             |
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. |
| Aprovechamiento: 81.00 %                                |

|   |  |                       |                |                           |  |  |  |                                    |                                    |
|---|--|-----------------------|----------------|---------------------------|--|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Perfil: CF-225x2.5</b>   |  |                       |                |                           |  |  |  |                                    |                                    |
| <b>Material: S275</b>   |  |                       |                |                           |  |  |  |                                    |                                    |
|   | Nudos  |                       | Longitud (m)   | Características mecánicas |  |  |  |                                    |                                    |
|   | Inicial  | Final                 |                | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | y <sub>0</sub> <sup>(3)</sup> (mm) | z <sub>0</sub> <sup>(3)</sup> (mm) |
|   | 41.452, 0.000, 11.052  | 41.452, 6.000, 11.052 | 6.000          | 10.46                     | 806.27   | 90.72  | 0.22   | -16.21                             | 0.00                               |
|   | Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme<br><sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad |                       |                |                           |  |  |  |                                    |                                    |
|   | Pandeo   |                       | Pandeo lateral |                           |  |  |  |                                    |                                    |
|   |  | Plano XY              | Plano XZ       | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |                                    |                                    |
| β   | 0.00   | 1.00                  | 0.00           | 0.00                      |  |  |  |                                    |                                    |
| L <sub>k</sub>  | 0.000  | 6.000                 | 0.000          | 0.000                     |  |  |  |                                    |                                    |
| C <sub>1</sub>  | -  |                       | 1.000          |                           |  |  |  |                                    |                                    |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |  |                       |                |                           |  |  |  |                                    |                                    |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)              |                     |                     |                     |                    |                     |                               |                     |                    |  |                               |  |   |                                  | Estado |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|--|-------------------------------|--|---|----------------------------------|--------|
|  | b / t                                     | $\bar{\lambda}$     | N <sub>t</sub>      | N <sub>c</sub>      | M <sub>y</sub>     | M <sub>z</sub>      | M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | V <sub>y</sub>      | V <sub>z</sub>     | N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | N <sub>t</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>y</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |                                  |        |
| pésima en cubierta   | b / t ≤ (b / t) <sub>máx.</sub><br>Cumple | N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup> | x: 6 m<br>η = 81.0 | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(6)</sup> | x: 6 m<br>η = 24.1 | N.P. <sup>(7)</sup>                          | N.P. <sup>(8)</sup>           | N.P. <sup>(9)</sup>  | N.P. <sup>(10)</sup>  | <b>CUMPLE</b><br><b>η = 81.0</b> |        |
| Notación:<br>b / t: Relación anchura / espesor<br>λ: Limitación de esbeltez<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión. Eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión. Eje Z<br>M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión biaxial<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a tracción y flexión<br>N <sub>t</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a compresión y flexión<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante, axil y flexión<br>M <sub>y</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede.   |   |                     |                     |                     |                    |                     |                               |                     |                    |  |                               |  |   |                                  |        |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.<br><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<br><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.<br><sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br><sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(8)</sup> No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(10)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. |   |                     |                     |                     |                    |                     |                               |                     |                    |  |                               |  |   |                                  |        |

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

**h / t : 86.0** ✓

**b / t : 28.0** ✓

**c / t : 8.0** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

**c / b : 0.286**

Donde:

- h:** Altura del alma.
- b:** Ancho de las alas.
- c:** Altura de los rigidizadores.
- t:** Espesor.

- h :** 215.00 mm
- b :** 70.00 mm
- c :** 20.00 mm
- t :** 2.50 mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.810} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 41.452, 6.000, 11.052, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H1$ .

$M_{y,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{13.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{y,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión  $M_{c,Rd}$  viene dada por:

$$M_{c,Rd} : \underline{17.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{eff}$ : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{eff} : \underline{65.46} \text{ cm}^3$$

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.241 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 41.452, 6.000, 11.052, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 15.14 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{b,Rd}$  viene dado por:

$V_{b,Rd}$  : 62.75 kN

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$h_w$  : 220.30 mm

$t$ : Espesor.

$t$  : 2.50 mm

$\phi$ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$\phi$  : 90.0 grados

$f_{bv}$ : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$f_{bv}$  : 119.64 MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$ : Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$  : 1.10

Donde:

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_{yb}$  : 275.00 MPa

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 210000.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

| Comprobación de flecha  |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.<br>Porcentajes de aprovechamiento:<br>- Flecha: 76.77 % |

Coordenadas del nudo inicial: 41.452, 0.000, 11.052  
Coordenadas del nudo final: 41.452, 6.000, 11.052

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(180^\circ) H1$  a una distancia 3.000 m del origen en el primer vano de la correa.  
( $I_y = 806 \text{ cm}^4$ ) ( $I_x = 91 \text{ cm}^4$ )

**3.1.7.2 Correas laterales**

Para el caso de las correas laterales se procederá de la misma forma que para la cubierta, teniendo en cuenta esta vez que la distancia entre correas será de 0,80 m.

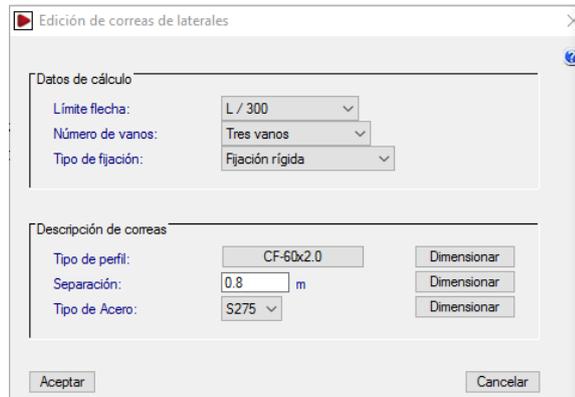


Figura 18 Edición de correas de laterales.

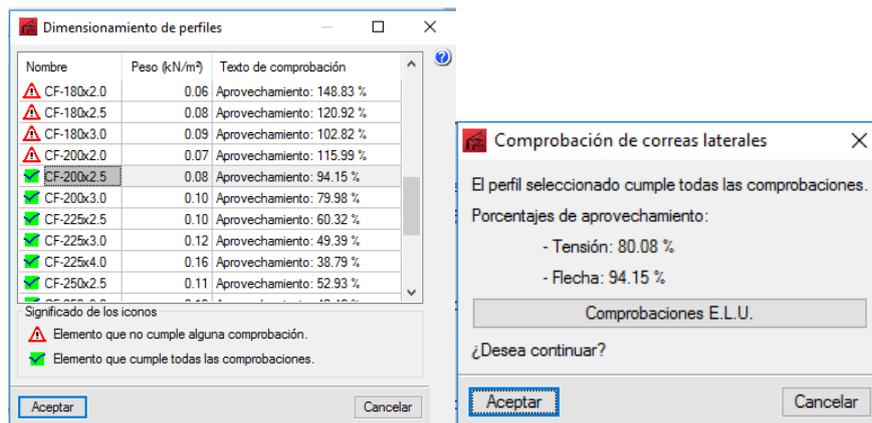


Figura 19 Listado de perfiles admisibles.

A continuación se muestran las comprobaciones a resistencia y flecha para las correas del lateral:

Comprobación de resistencia

| Comprobación de resistencia   |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.<br>Aprovechamiento: 80.08 % |

| Perfil: CF-200x2.5<br>Material: S275  |                     | Nudos                   |  | Longitud (m)   | Características mecánicas                        |  |                                    |                                    |  |  |
|---|---------------------|-------------------------|--|----------------|--|--|------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Inicial   | Final               | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |                | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | Y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm) | Z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm) |  |  |
| 0.000, 6.000, 0.400   | 0.000, 0.000, 0.400 | 6.000                   | 8.59   | 499.73         | 39.65  | 0.18   | -13.40                             | 0.00                               |  |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme<br>(3) Coordenadas del centro de gravedad               |                     |                         |  |                |  |  |                                    |                                    |  |  |
|   |                     | Pandeo                  |  | Pandeo lateral |  |  |                                    |                                    |  |  |
|   |                     | Plano XY                | Plano XZ   | Ala sup.       |  | Ala inf.   |                                    |                                    |  |  |
| β   |                     | 0.00                    | 1.00   | 0.00           |  | 0.00   |                                    |                                    |  |  |
| L <sub>k</sub>  |                     | 0.000                   | 6.000  | 0.000          |  | 0.000  |                                    |                                    |  |  |
| C <sub>1</sub>  |                     | -                       |  | 1.000          |  |  |                                    |                                    |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |                     |                         |  |                |  |  |                                    |                                    |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)              |                     |                     |                     |                    |                     |                               |                     |                    |  |  |  |   |                           | Estado |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|--|--|--|---|---------------------------|--------|
|  | b / t                                     | λ̄                  | N <sub>t</sub>      | N <sub>c</sub>      | M <sub>y</sub>     | M <sub>z</sub>      | M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | V <sub>y</sub>      | V <sub>z</sub>     | N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |                           |        |
| pésima en lateral  | b / t ≤ (b / t) <sub>Máx.</sub><br>Cumple | N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup> | x: 0 m<br>η = 80.1 | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(6)</sup> | x: 0 m<br>η = 17.0 | N.P. <sup>(7)</sup>                          | N.P. <sup>(8)</sup>                          | N.P. <sup>(9)</sup>  | N.P. <sup>(10)</sup>  | <b>CUMPLE</b><br>η = 80.1 |        |
| Notación:<br>b / t: Relación anchura / espesor<br>λ̄: Limitación de esbeltez<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión. Eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión. Eje Z<br>M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión biaxial<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a tracción y flexión<br>N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a compresión y flexión<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante, axil y flexión<br>M <sub>t</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede  |   |                     |                     |                     |                    |                     |                               |                     |                    |  |  |  |   |                           |        |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.<br>(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.<br>(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. |   |                     |                     |                     |                    |                     |                               |                     |                    |  |  |  |   |                           |        |

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$h / t : 76.0$  ✓

$b / t : 20.0$  ✓

$c / t : 6.0$  ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$c / b : 0.300$

Donde:

- h:** Altura del alma.
- b:** Ancho de las alas.
- c:** Altura de los rigidizadores.
- t:** Espesor.

- h:** 190.00 mm
- b:** 50.00 mm
- c:** 15.00 mm
- t:** 2.50 mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.801} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 6.000, 0.400, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$  H1.

$M_{y,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{10.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{y,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión  $M_{c,Rd}$  viene dada por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{eff}$ : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{eff} : \underline{49.31} \text{ cm}^3$$

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.170} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 6.000, 0.400, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$  H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{b,Rd}$  viene dado por:

$$V_{Ed} : \underline{10.64} \text{ kN}$$

$$V_{b,Rd} : \underline{62.75} \text{ kN}$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{195.30} \text{ mm}$$

$t$ : Espesor.

$$t : \underline{2.50} \text{ mm}$$

$\phi$ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$f_{bv}$ : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$f_{bv} : \underline{134.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$ : Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.98}$$

Donde:

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

#### **Resistencia a tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

| Comprobación de flecha                                  |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. |
| Porcentajes de aprovechamiento:                         |
| - Flecha: 94.15 %                                       |

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 6.000, 0.400

Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.400

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ) H1$  a una distancia 3.000 m del origen en el tercer vano de la correa.

( $I_y = 500 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 40 \text{ cm}^4$ )

### 3.1.8 Cálculo de la estructura en CYPE 3D

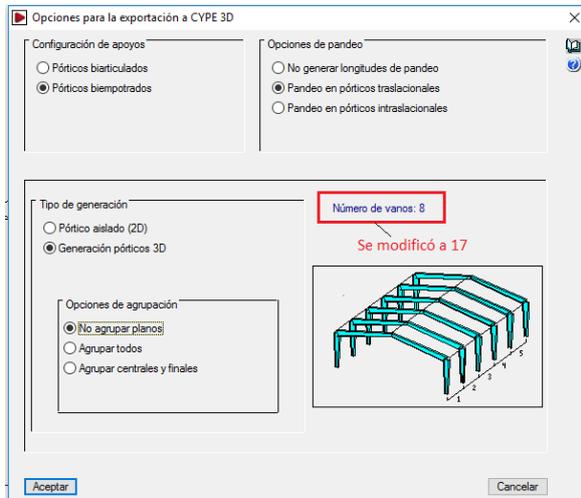


Figura 20 Opciones exportación a CYPE 3D.

Una vez seleccionadas las correas de cubierta y el lateral se exportan los datos al CYPE 3D. Se indicará el tipo de apoyo a generar y las opciones a pandeo. Hay que tener en cuenta que debido a la existencia de dos diferentes distancias entre pórticos se optó por colocar una distancia nuevamente entre pórticos de 3 metros y 17 vanos, de cara a eliminar los pórticos sobrantes en vez de tener que añadirlos para evitar posibles errores debido a las zonas de las acciones.

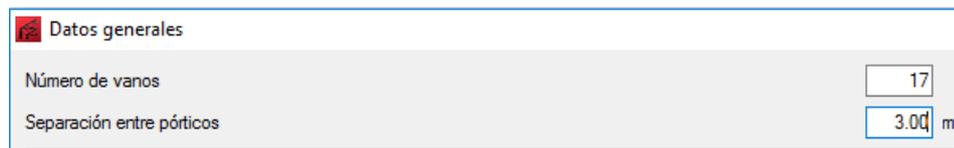


Figura 21 Datos generales para la exportación a CYPE 3D.

El hecho de que se colocará 8 vanos a una distancia de 6 metros implicaba que el pabellón medía de largo 48 metros y era necesario incluir 1 pórtico más para alcanzar los 51 metros. Esto provocaba la necesidad de desplazar todas las zonas referentes a las acciones hasta este último pórtico. Para ello, se optó por solucionarlo colocando 17 vanos a una distancia de 3 metros para obtener un pabellón de 51 metros de longitud y únicamente tener que eliminar los pórticos sobrantes.

En el pabellón el viento puede soplar por las cuatro direcciones  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$ .

Esto significa que como mínimo existirán cuatro hipótesis de viento, pero como es simétrico el pabellón, el viento a  $0^\circ$  y  $180^\circ$  será igual. Para la cubierta se generan dos situaciones de carga en el viento a  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , por lo que se duplican las hipótesis de viento a  $0^\circ$  para poder contemplar estas situaciones.

Además, como existen huecos en la parte frontal del pabellón y no se encuentran permanentemente abiertos, esto hace que se dupliquen las hipótesis de carga en todas las zonas.

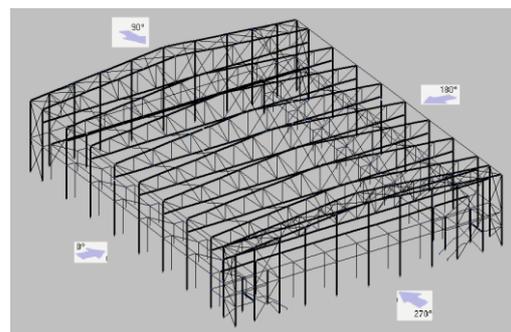


Figura 22 Disposición de las cuatro direcciones del viento.

|             |
|-------------|
| Peso propio |
| Q           |
| V(0°) H1    |
| V(0°) H2    |
| V(0°) H3    |
| V(0°) H4    |
| V(90°) H1   |
| V(90°) H2   |
| V(180°) H1  |
| V(180°) H2  |
| V(180°) H3  |
| V(180°) H4  |
| V(270°) H1  |
| V(270°) H2  |
| N(EI)       |
| N(R) 1      |
| N(R) 2      |

Q: Sobrecarga de uso.

V(0°) H1: Viento a 0°, tipo 1, sin viento interior (huecos cerrados).

V(0°) H2: Viento a 0°, tipo 1, con viento interior (huecos abiertos).

V(0°) H3: Viento a 0°, tipo 2, sin viento interior (huecos cerrados).

V(0°) H4: Viento a 0°, tipo 2, con viento interior (huecos abiertos).

V(90°) H1: Viento a 90°, sin viento interior (huecos cerrados).

V(90°) H2: Viento a 90°, con viento interior (huecos abiertos).

V(180°) H1: Viento a 180°, tipo 1, sin viento interior (huecos cerrados).

V(180°) H2: Viento a 180°, tipo 1, con viento interior (huecos abiertos).

V(180°) H3: Viento a 180°, tipo 2, sin viento interior (huecos cerrados).

V(180°) H4: Viento a 180°, tipo 2, con viento interior (huecos abiertos).

V(270°) H1: Viento a 270°, sin viento interior (huecos cerrados).

V(270°) H2: Viento a 270°, con viento interior (huecos abiertos).

N(EI) : Nieve en estado inicial.

N(R) 1: Nieve redistribución 1.

N(R) 2: Nieve redistribución 2.

Tabla 24 Aclaración de las cargas que afectan a la estructura (las cargas en el interior del edificio se mostrarán posteriormente en sus respectivas partes).

Tras la configuración inicial aparece la estructura siguiente:

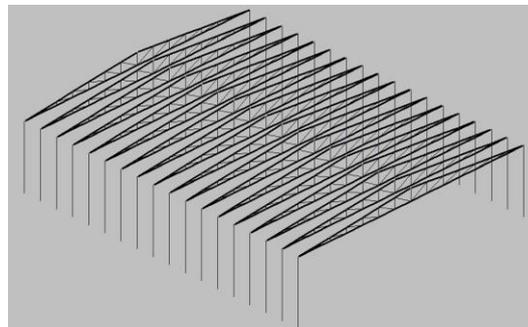


Figura 23 Estructura inicial.

Es necesario eliminar los pórticos sobrantes, editar y añadir barras, arriostramientos etc. para obtener la estructura final y deseada, quedando:

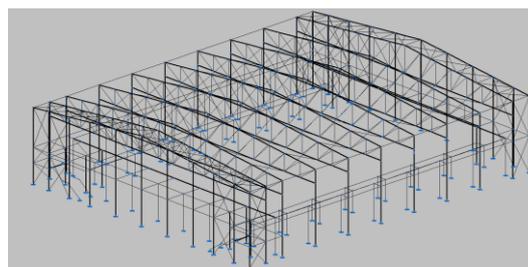


Figura 24 Estructura final del pabellón polideportivo (sin incluir ascensores).

NOTA: los ascensores externos se realizarán en otro archivo cype debido al exceso de barras y nudos que supondría tener todo en un único archivo.

Los elementos del pabellón polideportivo tienen los siguientes tipos de perfiles:

- Pilares: HEB
- Vigas: IPE y HEA
- Celosía: cordón superior y cordón inferior → Tubular cuadrado  
montantes y diagonales → Tubular cuadrado  
arriostramiento celosía fuera plano → Tubo circular
- Elementos de arriostramiento (cruces de San Andrés): redondos macizos

### 3.1.8.1 Pandeo

Los elementos que conforman una estructura pueden fallar debido a diversos motivos, del tipo de materiales utilizados, tipos de cargas, ligaduras y apoyos. Muchos de estos fallos se pueden evitar dimensionando dichos elementos de tal forma que las tensiones y deformaciones máximas que se produzcan permanezcan dentro de los límites admisibles.

Pero existen otro tipo de fallos, como es el fallo por inestabilidad o pandeo que puede tener lugar en el caso de elementos estructurales esbeltos sometidos a compresión. En estos casos, en el elemento puede aparecer una flexión lateral que puede ser excesiva y provocar el fallo del elemento.



Figura 25 Flexión lateral (pandeo).

La aparición de dicho fenómeno implica la pérdida total de estabilidad del elemento y el consiguiente colapso de la estructural. Es necesario tener en cuenta el concepto físico de la longitud de pandeo. La longitud de pandeo de una barra es la longitud que debería tener una barra, articulada en ambos extremos, equivalente a la dada (mismo material y sección), para que tuviese la misma carga crítica que la barra dada.

Para la determinación de los coeficientes de pandeo hay que tener en cuenta que se trata de una estructura intraslacional en el plano de los pórticos y en el plano perpendicular, dado que se aportará rigidez gracias a los elementos de arriostrado. Como no se conoce que elementos trabajarán a compresión se definirá los coeficientes de pandeo para todas las piezas salvo para aquellos elementos de arriostramiento que únicamente trabajarán a tracción.

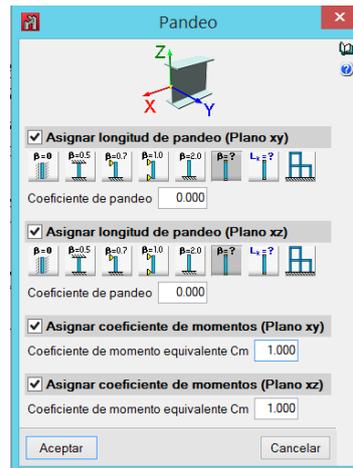


Figura 26 Opciones de pandeo en el programa CYPE.

A través del documento CTE DB SE-A se determina el coeficiente  $\beta$  que afecta a las longitudes de pandeo de acuerdo a los ejes locales de cada barra. El plano xy corresponde al plano débil de las barras y el plano xz al plano fuerte. Hay que tener en cuenta que en aquellas barras donde existan nudos intermedios se establecerá directamente la longitud de pandeo para evitar errores debido a la consideración de la longitud de las barras que se ponderan con el coeficiente de pandeo.

Los coeficientes de pandeo quedan de la siguiente manera:

-Dinteles hastiales: Para el plano xy (débil) se establece una longitud de pandeo igual a la distancia entre correas dado que estas arriostran dicha viga en ese plano. Para el plano xz (fuerte) se tomará una longitud de pandeo igual a la distancia de la viga entre pilarillo y pilarillo.

-Para los pilares habrá que tener en cuenta si existen nudos intermedios, forjados de entreplanta etc, por lo tanto:

Cimentación-forjado: Estos pilares son empotrados en su parte inferior y en su parte superior están unidos al forjado, es decir, el forjado impide el desplazamiento en ambos planos pero no impide el giro, considerándose como una barra empotrada-articulada correspondiéndole un coeficiente de pandeo igual a  $\beta=0,7$ . Hay que tener en cuenta que para no existan errores se introducirá la longitud de pandeo correspondiente.

Forjado-forjado: Se tomará como una barra articulada-articulada correspondiéndole en ambos planos una  $\beta=1$ .

Forjado-celosía: Se tomará como una barra articulada-articulada correspondiéndole en ambos planos una  $\beta=1$ .

-Para la celosía se dividirá en:

Cordón superior: En el plano de inercia débil (xy) se le asigna una longitud de pandeo igual a la distancia entre las correas de cubierta, y para el plano de inercia fuerte (xz) se toma  $\beta=1$  considerando la distancia entre nudos.

Diagonales y montantes: Para ambos planos se tomará un coeficiente de pandeo  $\beta=1$  tomando la longitud libre entre barras.

Cordón inferior: A pesar de tener una longitud de 42 m, para el plano de inercia débil (xy) se tomará una longitud de pandeo igual a 6 m debido a los arriostramientos que existen para dicho cordón, y para el plano de inercia fuerte (xz) se tomará un coeficiente de pandeo  $\beta=1$  tomando la longitud libre entre barras.

### **3.1.8.2 Pandeo lateral**

Lo que le sucede en barras donde existe un momento flector cuya ala comprimida no posee arriostramientos trasversales a distancia adecuadas o estos no son suficientemente rígidos como para impedir su desplazamiento puede llegar a provocar el vuelco de la viga comprometiendo a la estabilidad de la estructura.

En este proyecto no se estudiará el pandeo lateral en ningún elemento de la estructura debido a las longitudes existentes de la viga del pórtico hastial, no se ha decidido colocar tornapuntas. El cordón inferior de la celosía se resolverá mediante un perfil tubular y dicho fenómeno se da en perfiles abiertos.

### **3.1.8.3 Flecha límite**

En el apartado 4.3.3.1 Flechas, perteneciente al Documento Básico SE Seguridad Estructural, que para la flecha relativa cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida, para cualquiera de sus piezas, ante la combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300.

Por ello, para todos los elementos de la estructura se tomará una flecha relativa máxima de L/300.

### 3.1.8.4 Hipótesis de cargas

Las hipótesis de carga son:

#### 3.1.8.4.1 Peso propio

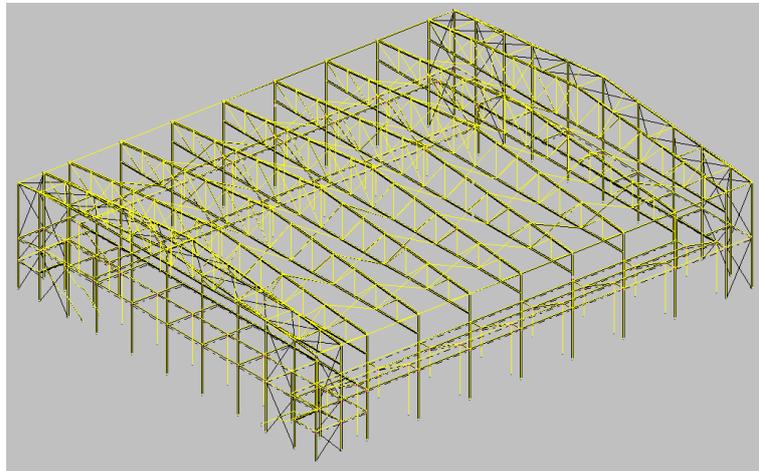


Figura 27 Peso propio.

#### 3.1.8.4.2 Uso

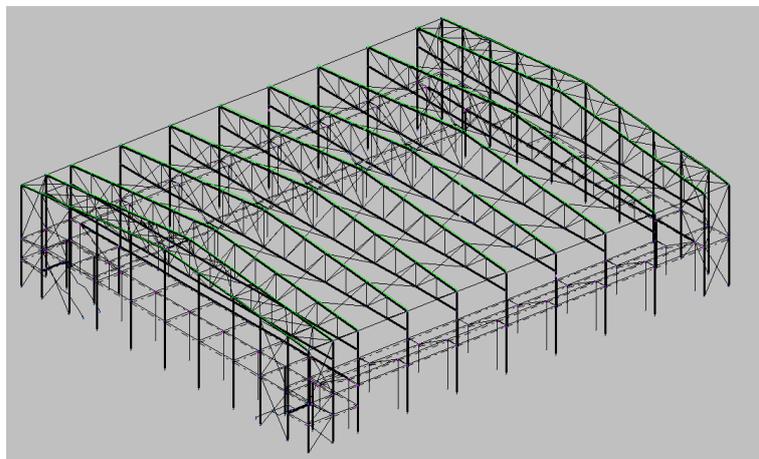


Figura 28 Uso.

### 3.1.8.4.3 Nieve

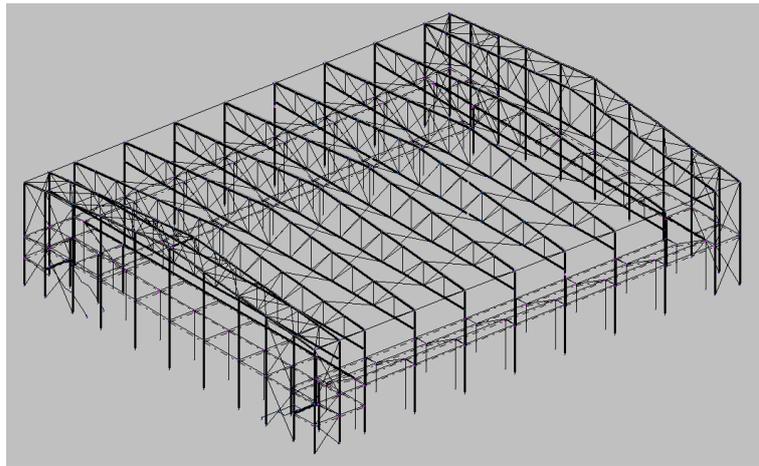


Figura 29 Nieve en estado inicial.



Figura 30 Nieve redistribución 1.



Figura 31 Nieve redistribución 2.

#### 3.1.8.4.4 Viento



Figura 32  $V(0^\circ)$  H1: Viento a  $0^\circ$ , tipo 1, sin viento interior (huecos cerrados).



Figura 33  $V(0^\circ)$  H2: Viento a  $0^\circ$ , tipo 1, con viento interior (huecos abiertos).

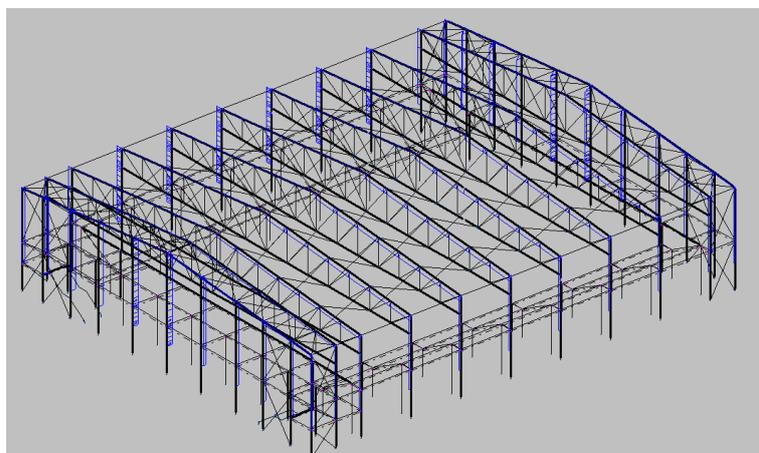


Figura 34  $V(0^\circ)$  H3: Viento a  $0^\circ$ , tipo 2, sin viento interior (huecos cerrados).

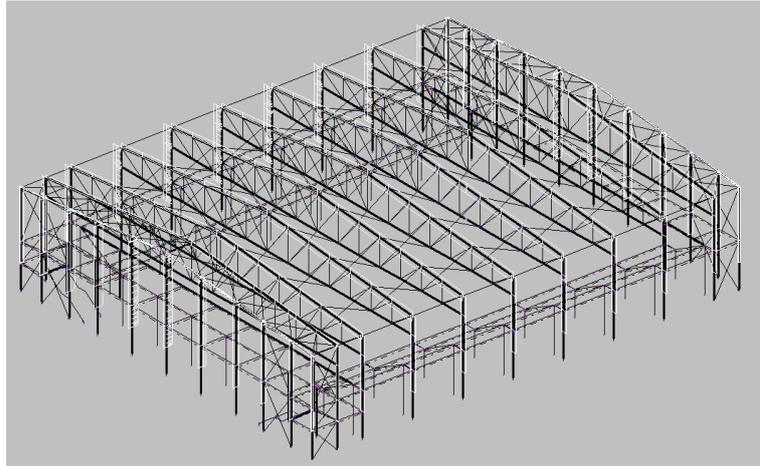


Figura 35 V(0º) H4: Viento a 0º, tipo 2, con viento interior (huecos abiertos).

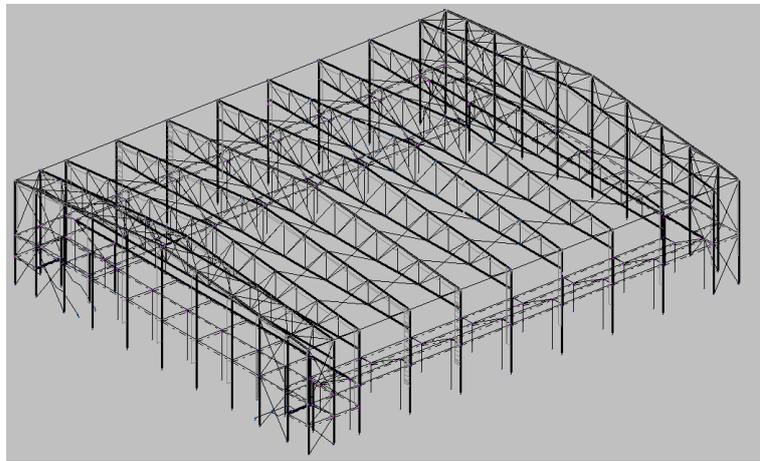


Figura 36 V(90º) H1: Viento a 90º, sin viento interior (huecos cerrados).



Figura 37 V(90º) H2: Viento a 90º, con viento interior (huecos abiertos).

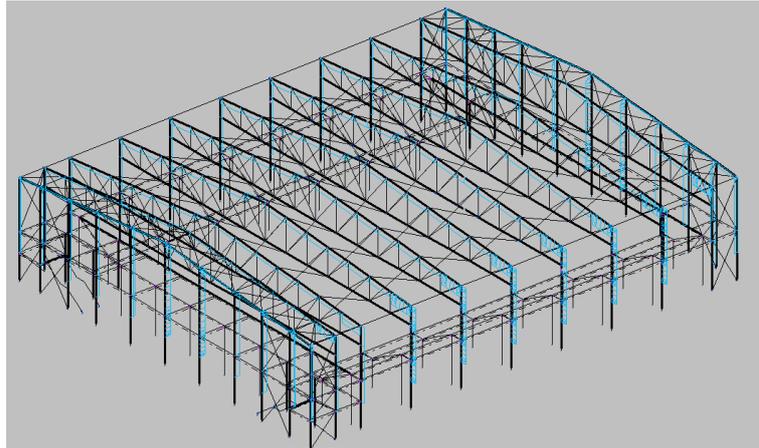


Figura 38 V(180°) H1: Viento a 180°, tipo 1, sin viento interior (huecos cerrados).

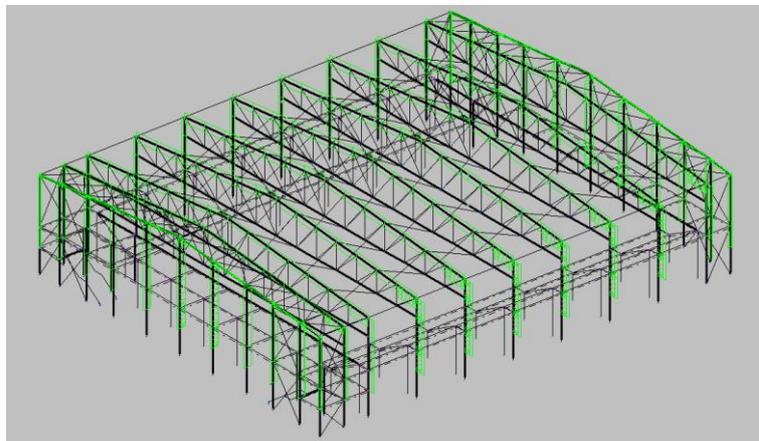


Figura 39 V(180°) H2: Viento a 180°, tipo 1, con viento interior (huecos abiertos).

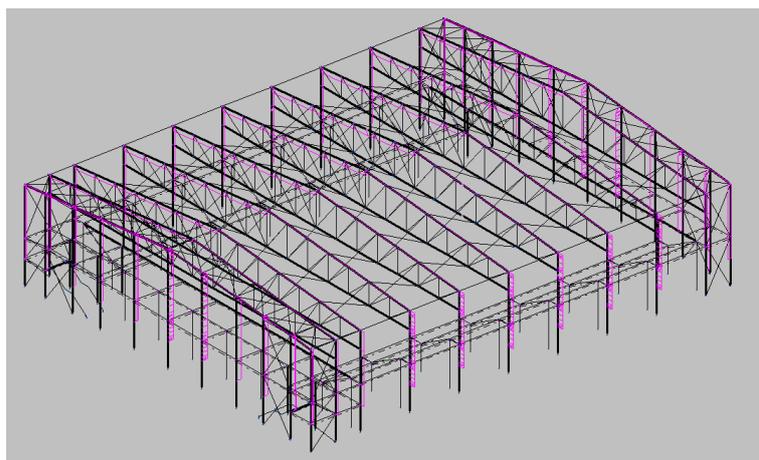


Figura 40 V(180°) H3: Viento a 180°, tipo 2, sin viento interior (huecos cerrados).



Figura 41 V(180°) H4: Viento a 180°, tipo 2, con viento interior (huecos abiertos).

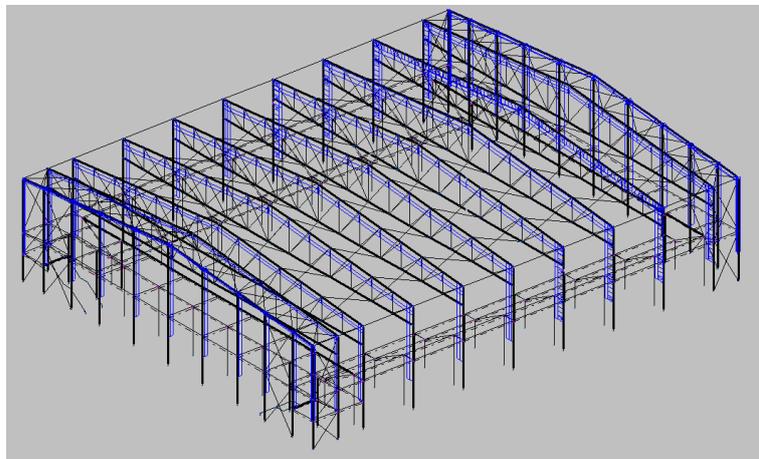


Figura 42 V(270°) H1: Viento a 270°, sin viento interior (huecos cerrados).

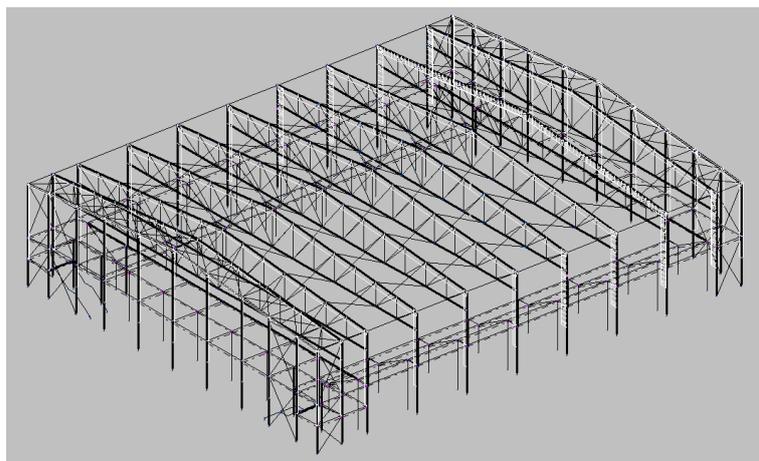


Figura 43 V(270°) H2: Viento a 270°, con viento interior (huecos abiertos).

**3.1.8.5 Escaleras**

A partir del Documento Básico SUA Seguridad de Utilización y Accesibilidad se dimensionará la escalera que une la planta baja con la primera planta. La escalera que existe entre en la primera planta y segunda planta se realizará únicamente añadiendo bloques de hormigón que formen los escalones en las propias gradas prefabricadas.

Dado que se tratan de escaleras de uso general, tal y como se indica en el apartado 4.2 del DB SUA, la relación entre la huella H y la contrahuella C es la siguiente:  $54\text{ cm} \leq 2C + H \leq 70\text{ cm}$

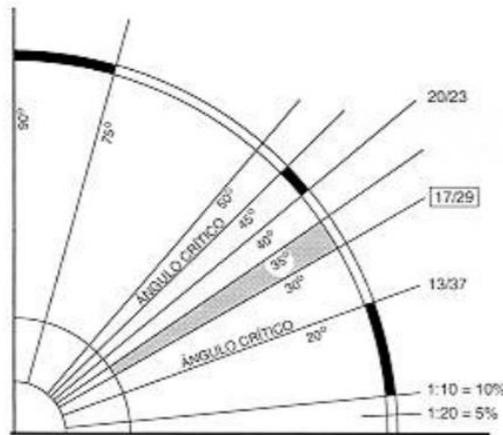


Figura 44 Representación de la inclinación de las escaleras en función de la huella y contrahuella.

Como la altura de la escalera será de 3,2 metros se ha decidido utilizar una contrahuella de 20 cm, obteniendo por tanto un total de 16 escalones. Para que se cumpla la relación mencionada anteriormente se escogerá una huella de 23 cm donde:  $2C+H = 63\text{ cm}$ .

| Uso del edificio o zona  | Anchura útil mínima (m) en escaleras previstas para un número de personas: |                     |       |       |
|--|--|---------------------|-------|-------|
|  | ≤ 25   | ≤ 50                | ≤ 100 | > 100 |
| Residencial Vivienda, incluso escalera de comunicación con aparcamiento  | 1,00 <sup>(1)</sup>  |                     |       |       |
| Docente con escolarización infantil o de enseñanza primaria<br>Pública concurrencia y Comercial                | 0,80 <sup>(2)</sup>  | 0,90 <sup>(2)</sup> | 1,00  | 1,10  |
| Sanitario Zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros de 90° o mayores | 1,40   |                     |       |       |
| Otras zonas  | 1,20   |                     |       |       |
| Casos restantes  | 0,80 <sup>(2)</sup>  | 0,90 <sup>(2)</sup> | 1,00  |       |

Tabla 25 Escaleras de uso general. Anchura útil mínima de tramo en función del uso.

Como se observa en la tabla anterior la anchura mínima de las escaleras debe ser mayor que 1,1 m, donde se escogerá una anchura final de 2 m. Como son escaleras de uso público el pasamanos se prolongará 30 cm en los extremos y se encontrará a una altura de 0,90 m.

La estructura de la escalera será metálica y será necesario colocar un descansillo ya que se poseen más de 12 escalones. Por ello, habrá dos tramos de 8 escalones con un descansillo de 1 metro. Posteriormente, serán colocados los escalones de acero galvanizado antideslizante.

En resumen:

H: 23 cm      C: 20 cm      Escalones: 16 en 2 tramos      Altura: 3,2 m      Anchura: 2 m

De cara al cálculo de los perfiles que sostendrán la estructura de la escalera se tendrá en cuenta el peso de los escalones de acero (de manera aproximada) y la sobrecarga de uso.

Dado que la densidad del acero galvanizado es  $7,850 \text{ kg/m}^3$  y cada escalón tiene un volumen de  $0,07 \text{ m} \times 0,23 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 0,0322 \text{ m}^3$  el peso de cada escalón será  $7,850 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0322 \text{ m}^3 = 0,25 \text{ Kg} \sim 0,0025 \text{ kN}$  por escalón. Como se puede comprobar, la carga generada por los escalones es mínima comparada con la sobrecarga de uso que posteriormente se indicará, por ello, no se tendrá en cuenta los pesos de los escalones ni del pasamanos (de acero también con un peso mínimo) para su cálculo.

Referente a la sobrecarga de uso, a través del DB SE Acciones se obtiene una carga de  $5 \text{ kN/m}^2$ .

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                                      | 2                         |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                                      | 4                         |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                                      | 4                         |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                                      | 7                         |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                                      | 4                         |

Tabla 26 Sobrecarga de uso

Como el ancho de la escalera es de 2 metros cada lado se llevará la mitad siendo una carga de:

$$5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 5 \text{ kN/m}$$

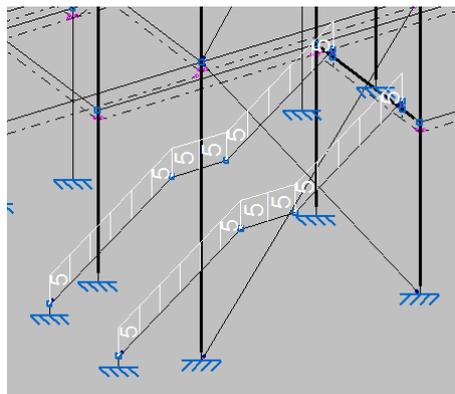


Figura 45 Sobrecarga de uso de las escaleras.

### 3.1.8.6 Forjados para entreplantas

Se utilizará un forjado compuesto o colaborante, ya que poseen máximas prestaciones técnicas y mecánicas, como rapidez de ejecución y garantías. Presenta notables beneficios económicos debido a una disminución del canto medio del forjado, y por tanto una reducción de peso que se traduce en una reducción de la sección resistente de la estructura (pilares, vigas, cimentaciones).

El fundamento de los forjados compuestos radica en la tecnología usada para potenciar la adherencia entre la chapa de acero conformada y el hormigón. Una vez puesto en marcha cumple las siguientes funciones:

- Contribuye a estabilizar el marco al tratarse de una estructura metálica, disminuyendo la necesidad de arriostramientos horizontales.
- Soporta las cargas durante el hormigonado, aunque por encima de un cierto límite de esbeltez es necesario apuntalar la chapa antes de verter el hormigón.
- Trabaja en colaboración con el hormigón, gracia a la íntima unión entre ambos materiales. El acero absorbe los esfuerzos de tracción que el hormigón no puede y por otra parte, el hormigón absorbe los esfuerzos a compresión. No será necesario vibrar el hormigón debido a la geometría del perfil, ya que se llena completamente la sección durante el vertido.

El fabricante escogido para el suministro del forjado es HIANSA. Estos forjados son particularmente indicados para edificios de importantes dimensiones con estructura metálica, donde se adaptan perfectamente a diferentes tipologías edificatorias como edificios industriales, grandes edificios públicos, grandes superficies, centros comerciales...

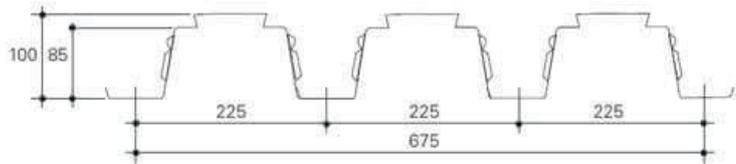


Figura 46 Características geométricas del perfil MT-100.

El forjado se compondrá por una chapa de acero, un armado de negativos que se colocará en la superficie superior de la losa para absorber los esfuerzos de tracción y una capa de hormigón que se verterá directamente sobre la chapa colaborante.

Para su cálculo, se realizará a través del software proporcionado por HIANSA, donde se introducirá los datos que se muestran a continuación. Se tomará una luz entre vanos de 1,35 m, 1,45 m, 3 m para 1 vano y una luz de 3 m para 2 vanos.

• **FORJADO 1 (1,35 m):**

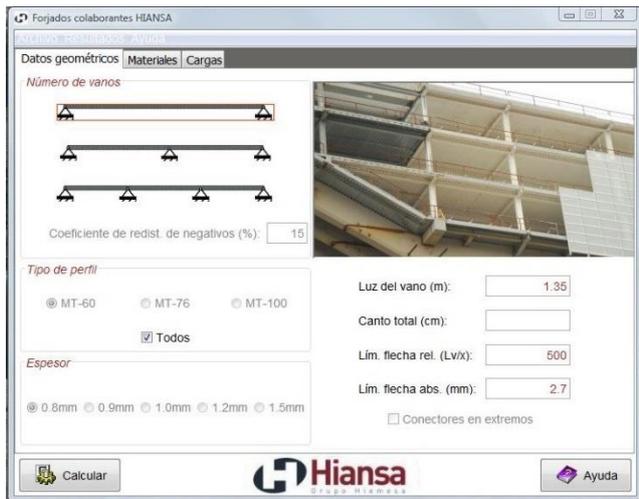


Figura 47 Datos geométricos.

- Número de vanos: 1 vano
- Tipo de perfil: se podrá elegir entre todos escogiendo la opción *todos*.
- Luz de vano: hay 1,35 metros entre vano y vano.
- Límite de flecha rel: 500 →
- lím.flecha abs. (mm): 2,7 mm

Esto es debido a que en el apartado 4.3.3.1 Flechas del DB Seguridad Estructural se detalla que:

Quando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- b) 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- c) 1/300 en el resto de los casos.

Por ello, se opta por escoger una flecha relativa menor que 1/500 por ser más restrictiva y por si se realizan cambios en el futuro en las instalaciones del pabellón.

Se utilizará un hormigón con una resistencia característica de 30 MPA (HA30) con una densidad de 2400 kg/m<sup>3</sup> (hormigón normal). El acero será un B-500S.



Figura 48 Cargas.



Figura 49 Materiales.

La carga variable viene reflejada en el DB SE Acciones en la edificación correspondiendo a un valor de 5 kN/m<sup>2</sup> y se tomará una resistencia al fuego RF-90 como se indica en el apartado Exigencia básica SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura referente al DB SI Seguridad en caso de incendio.

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                                      | 2                         |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                                      | 4                         |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                                      | 4                         |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                                      | 7                         |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                                      | 4                         |

Tabla 27 Sobrecarga de uso.

Los resultados posibles son los siguientes:

| ESPESOR | MT-60           | MT-76           | MT-100          |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.8     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 0.9     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.0     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.2     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.5     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |

Para cada combinación espesor-tipo de perfil se indica el resultado, en fondo rojo o azul según deba apuntalarse o no. Una casilla vacía indica que falló alguna comprobación (flecha, canto excesivo, datos...). El dato entre paréntesis es el volumen de hormigón, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Aceptar Imprimir Ayuda

Figura 50 Soluciones posibles.

Se escogerá un perfil colaborante tipo MT-100 (llamado así por la altura de la greca de 100 mm) con un espesor de 0,8 mm sin la necesidad de un apuntalamiento en el centro del vano y poseerá un canto de 14 cm. El peso de dicho forjado es de 1,91 kN/m<sup>2</sup>. A continuación, se muestra el informe detallado obtenido por el software:

Resultado obtenidos para el forjado 1 (1,35 m):

| PARÁMETROS DE ENTRADA (INTRODUCIDOS)   |                   |        |
|--|-------------------|--------|
| <b>DATOS GEOMÉTRICOS</b>   |                   |        |
| Número de vanos  |                   | 1      |
| Luz del vano   | m                 | 1.35   |
| Tipo de perfil   |                   | MT-100 |
| Espesor  | mm                | 0.8    |
| Canto total  | cm                | 14     |
| Límite de flecha relativo  |                   | 500    |
| Límite de flecha absoluto  | mm                | 2.7    |
| Conectores en extremos   |                   | NO     |
| <b>MATERIALES</b>  |                   |        |
| <b>HORMIGÓN</b>  |                   |        |
| Tipo de hormigón   |                   | NORMAL |
| Resistencia característica del hormigón  | MPa               | 30     |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_c$                           |                   | 1.5    |
| Densidad o peso específico   | kN/m <sup>3</sup> | 24.0   |
| <b>ACERO ESTRUCTURAL</b>   |                   |        |
| Límite elástico  | MPa               | 275    |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_a$                           |                   | 1.05   |
| <b>ACERO DE ARMADO</b>   |                   |        |
| Tipo de acero de armar   |                   | B500S  |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_s$                           |                   | 1.15   |
| Recubrimiento mecánico inferior  | cm                | 4.0    |
| <b>CARGAS</b>  |                   |        |
| Carga superficial  |                   | SI     |
| Valor de la carga superficial permanente                                       | kN/m <sup>2</sup> | 0.0    |
| Valor de la carga superficial variable   | kN/m <sup>2</sup> | 5.0    |
| Alternancia de sobrecargas   |                   | NO     |
| Carga lineal   |                   | NO     |
| Carga puntual  |                   | NO     |
| Coefficiente de mayoración de acciones perman. $\gamma_p$                      |                   | 1.35   |
| Coefficiente de mayoración de acciones variables $\gamma_q$                    |                   | 1.5    |
| Carga sísmica  |                   | NO     |
| Carga dinámica   |                   | NO     |
| Resistencia al fuego   |                   | RF-90  |
| <b>PARÁMETROS DE SALIDA (CALCULADOS)</b>                                       |                   |        |
| <b>FASE DE EJECUCIÓN</b> (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3) |                   |        |
| Coefficiente de seguridad de cargas permanentes, $\gamma_{pe}$                 |                   | 1.35   |
| Coefficiente de seguridad de cargas variables, $\gamma_{qe}$                   |                   | 1.35   |
| Momento máximo positivo, $M_{maxpos.d}$  | mkN/m             | 1.05   |
| Momento resistente elástico eficaz positivo, $M_{Rep}$                         | mkN/m             | 8.44   |

|   |                   |          |
|---|-------------------|----------|
| Comprobación a flexión: $M_{\max.d} \leq M_{Rep}$                               |                   | CORRECTO |
| Cortante máximo en apoyos, $V_{e.d}$  | kN/m              | 3.10     |
| Cortante resistente, $V_{ue}$   | kN/m              | 89.91    |
| Comprobación a cortante: $V_{e.d} \leq V_{ue}$                                  |                   | CORRECTO |
| Flecha para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), $f_{eb}$ | mm                | 0.38     |
| Embalsamiento: ( $f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)                                     |                   | NO       |
| Flecha del forjado (peso propio acero + hormigón), $f_{ec}$                     | mm                | 0.21     |
| Necesidad de apuntalamiento   |                   | NO       |
| <b>FASE MIXTA(artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)</b>                        |                   |          |
| Resultante de compresiones en el hormigón, $N_{cf}$                             | kN/m              | 362.74   |
| Fibra neutra de la sección mixta, x   | cm                | 2.13     |
| <b>Comprobación de los datos</b>  |                   |          |
| Momento último resistente, $M_{p.Rd}$   | mkN/m             | 26.33    |
| Momento máximo positivo, $M_{\max.d}^+$   | mkN/m             | 2.30     |
| Comprobación a flexión: ( $M_{\max.d}^+ \leq M_{p.Rd}$ )                        |                   | CORRECTO |
| Carga última a flexión, $Q_{uF}$  | kN/m <sup>2</sup> | 115.58   |
| Cortante último vertical, $V_{v.Rd}$  | kN/m              | 31.10    |
| Cortante vertical máximo, $V_{v.\max.d}$  | kN/m              | 6.80     |
| Comprobación a cortante vertical: ( $V_{v.\max.d} \leq V_{v.Rd}$ )              |                   | CORRECTO |
| Carga última a cortante vertical, $Q_{uV}$                                      | kN/m <sup>2</sup> | 46.07    |
| Luz de cortante, $L_s$  | m                 | 0.34     |
| Cortante último a rasante, $V_{l.Rd}$   | kN/m              | 32.72    |
| Cortante máximo para rasante, $V_{l.\max.d}$                                    | kN/m              | 5.06     |
| Comprobación a rasante: ( $V_{l.\max.d} \leq V_{l.Rd}$ )                        |                   | CORRECTO |
| Carga última a rasante, $Q_{uR}$  | kN/m <sup>2</sup> | 48.48    |
|   |                   |          |

- FORJADO 2 (1,45 m):**

Se procederá de la misma manera para el cálculo del resto de forjados, únicamente hay que cambiar la distancia entre vanos de 1,35 m a 1,45 m y modificar la flecha máxima a 2.9 mm. La ventana de materiales y cargas es igual para todos los forjados.

| ESPESOR | MT-60           | MT-76           | MT-100          |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.8     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 0.9     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.0     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.2     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.5     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |

Para cada combinación espesor-tipo de perfil se indica el resultado, en fondo rojo o azul según deba apuntalarse o no. Una casilla vacía indica que falló alguna comprobación (flecha, canto excesivo, datos...). El dato entre paréntesis es el volumen de hormigón, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Figura 51 Soluciones posibles.

Se escogerá un espesor de 0,8 mm para el perfil MT-100 de cara a uniformizar el forjado para toda la estructura.

Resultado obtenidos para el forjado 2 (1,45 m):

| PARÁMETROS DE ENTRADA (INTRODUCIDOS)                 |                   |        |
|--|-------------------|--------|
| <b>DATOS GEOMÉTRICOS</b>                             |                   |        |
| Número de vanos                                      |                   | 1      |
| Luz del vano   | m                 | 1.45   |
| Tipo de perfil                                       |                   | MT-100 |
| Espesor  | mm                | 0.8    |
| Canto total  | cm                | 14     |
| Límite de flecha relativo                            |                   | 500    |
| Límite de flecha absoluto                            | mm                | 2.9    |
| Conectores en extremos                               |                   | NO     |
| <b>MATERIALES</b>                                    |                   |        |
| <b>HORMIGÓN</b>                                      |                   |        |
| Tipo de hormigón                                     |                   | NORMAL |
| Resistencia característica del hormigón              | MPa               | 30     |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_c$ |                   | 1.5    |
| Densidad o peso específico                           | kN/m <sup>3</sup> | 24.0   |
| <b>ACERO ESTRUCTURAL</b>                             |                   |        |
| Límite elástico                                      | MPa               | 275    |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_a$ |                   | 1.05   |
| <b>ACERO DE ARMADO</b>                               |                   |        |
| Tipo de acero de armar                               |                   | B500S  |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_s$ |                   | 1.15   |
| Recubrimiento mecánico inferior                      | cm                | 4.0    |

| CARGAS  |                   |          |
|---|-------------------|----------|
| Carga superficial   |                   | SI       |
| Valor de la carga superficial permanente  | kN/m <sup>2</sup> | 0.0      |
| Valor de la carga superficial variable  | kN/m <sup>2</sup> | 5.0      |
| Alternancia de sobrecargas  |                   | NO       |
| Carga lineal  |                   | NO       |
| Carga puntual   |                   | NO       |
| Coefficiente de mayoración de acciones perman. $\gamma_p$                       |                   | 1.35     |
| Coefficiente de mayoración de acciones variables $\gamma_q$                     |                   | 1.5      |
| Carga sísmica   |                   | NO       |
| Carga dinámica  |                   | NO       |
| Resistencia al fuego  |                   | RF-90    |
| <b>PARÁMETROS DE SALIDA (CALCULADOS)</b>  |                   |          |
| <b>FASE DE EJECUCIÓN (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3)</b>  |                   |          |
| Coefficiente de seguridad de cargas permanentes, $\gamma_{pe}$                  |                   | 1.35     |
| Coefficiente de seguridad de cargas variables, $\gamma_{qe}$                    |                   | 1.35     |
| Momento máximo positivo, $M_{\max\text{pos.d}}$                                 | mkN/m             | 1.21     |
| Momento resistente elástico eficaz positivo, $M_{\text{Rep}}$                   | mkN/m             | 8.44     |
| Comprobación a flexión: $M_{\max\text{pos.d}} \leq M_{\text{Rep}}$              |                   | CORRECTO |
| Cortante máximo en apoyos, $V_{e.d}$  | kN/m              | 3.33     |
| Cortante resistente, $V_{ue}$   | kN/m              | 89.91    |
| Comprobación a cortante: $V_{e.d} \leq V_{ue}$                                  |                   | CORRECTO |
| Flecha para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), $f_{eb}$ | mm                | 0.51     |
| Embalsamiento: ( $f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)                                     |                   | NO       |
| Flecha del forjado (peso propio acero + hormigón), $f_{ec}$                     | mm                | 0.28     |
| Necesidad de apuntalamiento   |                   | NO       |
| <b>FASE MIXTA (artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)</b>                       |                   |          |
| Resultante de compresiones en el hormigón, $N_{cf}$                             | kN/m              | 362.74   |
| Fibra neutra de la sección mixta, $x$   | cm                | 2.13     |
| <b>Comprobación de los datos</b>  |                   | CORRECTO |
| Momento último resistente, $M_{p.Rd}$   | mkN/m             | 26.33    |
| Momento máximo positivo, $M_{\max.d}^+$   | mkN/m             | 2.65     |
| Comprobación a flexión: ( $M_{\max.d}^+ \leq M_{p.Rd}$ )                        |                   | CORRECTO |
| Carga última a flexión, $Q_{uF}$  | kN/m <sup>2</sup> | 100.19   |
| Cortante último vertical, $V_{v.Rd}$  | kN/m              | 31.10    |
| Cortante vertical máximo, $V_{v.\max.d}$  | kN/m              | 7.30     |
| Comprobación a cortante vertical: ( $V_{v.\max.d} \leq V_{v.Rd}$ )              |                   | CORRECTO |
| Carga última a cortante vertical, $Q_{uV}$                                      | kN/m <sup>2</sup> | 42.90    |
| Luz de cortante, $L_s$  | m                 | 0.36     |
| Cortante último a rasante, $V_{l.Rd}$   | kN/m              | 30.67    |
| Cortante máximo para rasante, $V_{l.\max.d}$                                    | kN/m              | 5.44     |
| Comprobación a rasante: ( $V_{l.\max.d} \leq V_{l.Rd}$ )                        |                   | CORRECTO |

|   |                                |            |
|---|--------------------------------|------------|
| Carga última a rasante, $Q_{UR}$  | kN/m <sup>2</sup>              | 42.30      |
| Coefficiente de equivalencia a tiempo infinito ( $n = E_s/(E_{cm}/2)$ )       |                                | 13.13      |
| Inercia de la sección homogeneizada, $I_T$                                    | m <sup>4</sup> /m              | 1.209e-05  |
| Inercia homogeneizada de la sección fisurada, $I_{Tf}$                        | m <sup>4</sup> /m              | 6.173e-06  |
| Inercia a considerar para el cálculo de la flecha, $I_f$                      | m <sup>4</sup> /m              | 9.134e-06  |
| Carga superficial que actúa sobre el forjado, $Q_d$                           | kN/m <sup>2</sup>              | 10.07      |
| Flecha, $f$   | mm                             | 0.15       |
| Comprobación de flecha ( $f \leq L_v/500$ o 2.7mm)                            |                                | CORRECTO   |
| Carga última mínima   | kN/m <sup>2</sup>              | 42.30      |
| Volumen de hormigón por unidad de superficie, $V_H$                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 0.07       |
| Peso del forjado, $Q_{muerta}$  | kN/m <sup>2</sup>              | 1.91       |
| Mallazo antifisuración  |                                | #Ø4@20cm   |
| <b>RESISTENCIA AL FUEGO</b> (parte 1-2 de EC4)                                |                                |            |
| <b>PARÁMETROS GEOMÉTRICOS SEGÚN ART. 4.3 DE PARTE 1-2 EC4</b>                 |                                |            |
| Distancia $u_1$   | mm                             | 37.65      |
| Comprobación $u_1 > 50$ mm  |                                | INCORRECTO |
| Distancia $u_2$   | mm                             | 51.54      |
| Comprobación $u_2 > 50$ mm  |                                | CORRECTO   |
| Distancia $u_3$   | mm                             | 40.00      |
| Comprobación $u_3$  |                                | CORRECTO   |
| Parámetro Z   |                                | 2.17       |
| Comprobación Z  |                                | CORRECTO   |
| <b>COEFICIENTES</b>   |                                |            |
| Coef. de minoración del hormigón en situación de incendio, $\gamma_{m,fi,c}$  |                                | 1.00       |
| Coef. de minoración del acero en situación de incendio, $\gamma_{m,fi,s}$     |                                | 1.00       |
| Coef. de mayoración de acciones perm. en situación de incendio, $\gamma_{GA}$ |                                | 1.00       |
| Factor de reducción para el efecto de las acciones, $\eta_{fi}$               |                                | 0.44       |
| Coefficiente de combinación, $\gamma_{11}$                                    |                                | 0.50       |
| <b>ESFUERZOS</b>  |                                |            |
| Momento máximo positivo, $M_{max.d.fi}^+$                                     | mkN/m                          | 1.16       |
| <b>RESULTADOS</b>   |                                |            |
| Espesor eficaz, $h_{eff}$   | cm                             | 6.10       |
| Área de armadura positiva por valle, $As_{fi}^+$                              | cm <sup>2</sup> /m             | 0.13       |
| Nº de barras de armadura positiva por valle                                   |                                | 1          |
| Diámetro de la armadura positiva  | mm                             | 10.00      |
| Temperatura de la armadura inferior, $\theta_{s,inf}$                         | °C                             | 524.75     |
| Coefficiente de reducción de resistencia de la armadura inferior, $K_s^+$     |                                | 0.40       |

• **FORJADO 3 (3 m):**

Hay que cambiar la distancia entre vanos a 3 m y modificar la flecha máxima a 6 mm.

| ESPESOR | MT-80           | MT-76           | MT-100          |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.8     | 18.00<br>(0.15) | 13.00<br>(0.10) | 14.00<br>(0.07) |
| 0.9     | 16.00<br>(0.13) | 13.00<br>(0.10) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.0     | 11.00<br>(0.08) | 13.00<br>(0.10) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.2     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |
| 1.5     | 10.00<br>(0.07) | 12.00<br>(0.09) | 14.00<br>(0.07) |

Para cada combinación espesor-tipo de perfil se indica el resultado, en fondo rojo o azul según deba aceptarse o no. Una casilla vacía indica que falló alguna comprobación (flecha, canto excesivo, datos...). El dato entre paréntesis es el volumen de hormigón, en m<sup>3</sup>/m.

Figura 52 Soluciones posibles.

Se escogerá un espesor de 0,8 mm para el perfil MT-100 de cara a uniformizar el forjado para toda la estructura.

Resultado obtenidos para el forjado 3 (3 m):

| PARÁMETROS DE ENTRADA (INTRODUCIDOS)                 |                   |        |
|--|-------------------|--------|
| <b>DATOS GEOMÉTRICOS</b>                             |                   |        |
| Número de vanos                                      |                   | 1      |
| Luz del vano   | m                 | 3.0    |
| Tipo de perfil                                       |                   | MT-100 |
| Espesor  | mm                | 0.8    |
| Canto total  | cm                | 14     |
| Límite de flecha relativo                            |                   | 500    |
| Límite de flecha absoluto                            | mm                | 6      |
| Conectores en extremos                               |                   | NO     |
| <b>MATERIALES</b>                                    |                   |        |
| <b>HORMIGÓN</b>                                      |                   |        |
| Tipo de hormigón                                     |                   | NORMAL |
| Resistencia característica del hormigón              | MPa               | 30     |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_c$ |                   | 1.5    |
| Densidad o peso específico                           | kN/m <sup>3</sup> | 24.0   |
| <b>ACERO ESTRUCTURAL</b>                             |                   |        |
| Límite elástico                                      | MPa               | 275    |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_a$ |                   | 1.05   |
| <b>ACERO DE ARMADO</b>                               |                   |        |
| Tipo de acero de armar                               |                   | B500S  |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_s$ |                   | 1.15   |
| Recubrimiento mecánico inferior                      | cm                | 4.0    |
| <b>CARGAS</b>  |                   |        |
| Carga superficial                                    |                   | SI     |
| Valor de la carga superficial permanente             | kN/m <sup>2</sup> | 0.0    |

|   |                   |           |
|---|-------------------|-----------|
| Valor de la carga superficial variable  | kN/m <sup>2</sup> | 5.0       |
| Alternancia de sobrecargas  |                   | NO        |
| Carga lineal  |                   | NO        |
| Carga puntual   |                   | NO        |
| Coefficiente de mayoración de acciones perman. $\gamma_p$                       |                   | 1.35      |
| Coefficiente de mayoración de acciones variables $\gamma_q$                     |                   | 1.5       |
| Carga sísmica   |                   | NO        |
| Carga dinámica  |                   | NO        |
| Resistencia al fuego  |                   | RF-90     |
| <b>PARÁMETROS DE SALIDA (CALCULADOS)</b>  |                   |           |
| <b>FASE DE EJECUCIÓN (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3)</b>  |                   |           |
| Coefficiente de seguridad de cargas permanentes, $\gamma_{pe}$                  |                   | 1.35      |
| Coefficiente de seguridad de cargas variables, $\gamma_{qe}$                    |                   | 1.35      |
| Momento máximo positivo, $M_{maxpos.d}$   | mkN/m             | 5.17      |
| Momento resistente elástico eficaz positivo, $M_{Rep}$                          | mkN/m             | 8.44      |
| Comprobación a flexión: $M_{maxpos.d} \leq M_{Rep}$                             |                   | CORRECTO  |
| Cortante máximo en apoyos, $V_{e,d}$  | kN/m              | 6.90      |
| Cortante resistente, $V_{ue}$   | kN/m              | 89.91     |
| Comprobación a cortante: $V_{e,d} \leq V_{ue}$                                  |                   | CORRECTO  |
| Flecha para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), $f_{eb}$ | mm                | 9.66      |
| Embalsamiento: ( $f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)                                     |                   | NO        |
| Flecha del forjado (peso propio acero + hormigón), $f_{ec}$                     | mm                | 5.41      |
| Necesidad de apuntalamiento   |                   | NO        |
| <b>FASE MIXTA (artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)</b>                       |                   |           |
| Resultante de compresiones en el hormigón, $N_{cf}$                             | kN/m              | 362.74    |
| Fibra neutra de la sección mixta, x   | cm                | 2.13      |
| <b>Comprobación de los datos</b>  |                   | CORRECTO  |
| Momento último resistente, $M_{p,Rd}$   | mkN/m             | 26.33     |
| Momento máximo positivo, $M_{max.d}^+$  | mkN/m             | 11.33     |
| Comprobación a flexión: ( $M_{max.d}^+ \leq M_{p,Rd}$ )                         |                   | CORRECTO  |
| Carga última a flexión, $Q_{uF}$  | kN/m <sup>2</sup> | 23.41     |
| Cortante último vertical, $V_{v,Rd}$  | kN/m              | 31.10     |
| Cortante vertical máximo, $V_{v,max.d}$   | kN/m              | 15.11     |
| Comprobación a cortante vertical: ( $V_{v,max.d} \leq V_{v,Rd}$ )               |                   | CORRECTO  |
| Carga última a cortante vertical, $Q_{uV}$                                      | kN/m <sup>2</sup> | 20.73     |
| Luz de cortante, $L_s$  | m                 | 0.75      |
| Cortante último a rasante, $V_{l,Rd}$   | kN/m              | 16.34     |
| Cortante máximo para rasante, $V_{l,max.d}$                                     | kN/m              | 11.25     |
| Comprobación a rasante: ( $V_{l,max.d} \leq V_{l,Rd}$ )                         |                   | CORRECTO  |
| Carga última a rasante, $Q_{uR}$  | kN/m <sup>2</sup> | 10.89     |
| Coefficiente de equivalencia a tiempo infinito ( $n = E_s/(E_{cm}/2)$ )         |                   | 13.13     |
| Inercia de la sección homogeneizada, $I_T$                                      | m <sup>4</sup> /m | 1.209e-05 |
| Inercia homogeneizada de la sección fisurada, $I_{Tf}$                          | m <sup>4</sup> /m | 6.173e-06 |

|   |           |            |
|---|-----------|------------|
| Inercia a considerar para el cálculo de la flecha, $I_f$                      | $m^4/m$   | 9.134e-06  |
| Carga superficial que actúa sobre el forjado, $Q_d$                           | $kN/m^2$  | 10.07      |
| Flecha, $f$   | mm        | 2.75       |
| Comprobación de flecha ( $f \leq L_v/500$ o 6mm)                              |           | CORRECTO   |
| Carga última mínima   | $kN/m^2$  | 10.89      |
| Volumen de hormigón por unidad de superficie, $V_H$                           | $m^3/m^2$ | 0.07       |
| Peso del forjado, $Q_{muerta}$  | $kN/m^2$  | 1.91       |
| Mallazo antifisuración  |           | #Ø4@20cm   |
| <b>RESISTENCIA AL FUEGO (parte 1-2 de EC4)</b>                                |           |            |
| <b>PARÁMETROS GEOMÉTRICOS SEGÚN ART. 4.3 DE PARTE 1-2 EC4</b>                 |           |            |
| Distancia $u_1$   | mm        | 37.65      |
| Comprobación $u_1 > 50$ mm  |           | INCORRECTO |
| Distancia $u_2$   | mm        | 51.54      |
| Comprobación $u_2 > 50$ mm  |           | CORRECTO   |
| Distancia $u_3$   | mm        | 40.00      |
| Comprobación $u_3$  |           | CORRECTO   |
| Parámetro Z   |           | 2.17       |
| Comprobación Z  |           | CORRECTO   |
| <b>COEFICIENTES</b>   |           |            |
| Coef. de minoración del hormigón en situación de incendio, $\gamma_{m,fi,c}$  |           | 1.00       |
| Coef. de minoración del acero en situación de incendio, $\gamma_{m,fi,s}$     |           | 1.00       |
| Coef. de mayoración de acciones perm. en situación de incendio, $\gamma_{GA}$ |           | 1.00       |
| Factor de reducción para el efecto de las acciones, $\eta_{fi}$               |           | 0.44       |
| Coeficiente de combinación, $\gamma_{11}$                                     |           | 0.50       |
| <b>ESFUERZOS</b>  |           |            |
| Momento máximo positivo, $M_{max.d.fi}^+$                                     | mkN/m     | 4.96       |
| <b>RESULTADOS</b>   |           |            |
| Espesor eficaz, $h_{eff}$   | cm        | 6.10       |
| Área de armadura positiva por valle, $As_{fi}^+$                              | $cm^2/m$  | 0.60       |
| Nº de barras de armadura positiva por valle                                   |           | 1          |
| Diámetro de la armadura positiva  | mm        | 10.00      |
| Temperatura de la armadura inferior, $\theta_{s,inf}$                         | °C        | 524.75     |
| Coeficiente de reducción de resistencia de la armadura inferior, $K_s^+$      |           | 0.40       |

• **FORJADO 4 (3 m a 2 vanos):**

Hay que cambiar la distancia entre vanos a 3 m y escoger la opción a 2 vanos y modificar la flecha máxima a 6 mm.

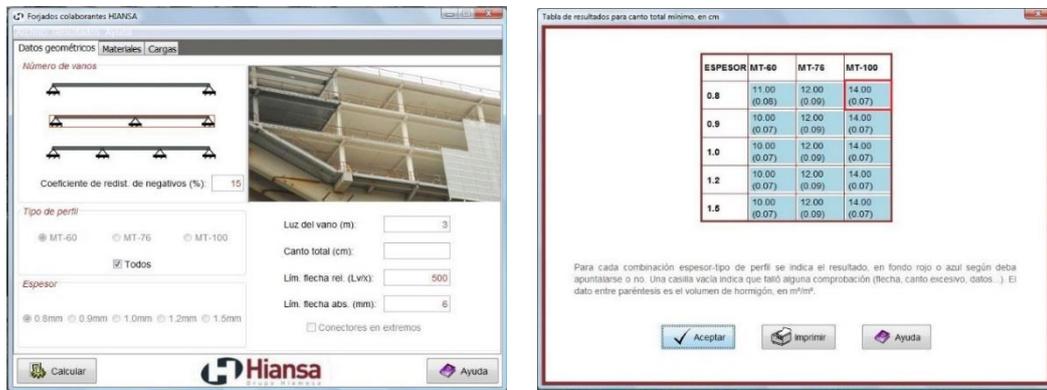


Figura 53 Soluciones posibles.

Se escogerá un espesor de 0,8 mm para el perfil MT-100 de cara a uniformizar el forjado para toda la estructura.

Resultado obtenidos para el forjado 4 (3 m a 2 vanos):

| PARÁMETROS DE ENTRADA (INTRODUCIDOS)                 |                   |        |
|--|-------------------|--------|
| <b>DATOS GEOMÉTRICOS</b>                             |                   |        |
| Número de vanos                                      |                   | 2      |
| Coefficiente de redistribución de negativos          | %                 | 15     |
| Luz del vano   | m                 | 3.0    |
| Tipo de perfil                                       |                   | MT-100 |
| Espesor  | mm                | 0.8    |
| Canto total  | cm                | 14     |
| Límite de flecha relativo                            |                   | 500    |
| Límite de flecha absoluto                            | mm                | 6      |
| Conectores en extremos                               |                   | NO     |
| <b>MATERIALES</b>                                    |                   |        |
| <b>HORMIGÓN</b>                                      |                   |        |
| Tipo de hormigón                                     |                   | NORMAL |
| Resistencia característica del hormigón              | MPa               | 30     |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_c$ |                   | 1.5    |
| Densidad o peso específico                           | kN/m <sup>3</sup> | 24.0   |
| <b>ACERO ESTRUCTURAL</b>                             |                   |        |
| Límite elástico                                      | MPa               | 275    |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_a$ |                   | 1.05   |
| <b>ACERO DE ARMADO</b>                               |                   |        |
| Tipo de acero de armar                               |                   | B500S  |
| Coefficiente de minoración de resistencia $\gamma_s$ |                   | 1.15   |
| Recubrimiento mecánico superior                      | cm                | 2.5    |
| Recubrimiento mecánico inferior                      | cm                | 4.0    |

| CARGAS   |                   |          |
|--|-------------------|----------|
| Carga superficial  |                   | SI       |
| Valor de la carga superficial permanente                                       | kN/m <sup>2</sup> | 0.0      |
| Valor de la carga superficial variable   | kN/m <sup>2</sup> | 5.0      |
| Alternancia de sobrecargas   |                   | NO       |
| Carga lineal   |                   | NO       |
| Carga puntual  |                   | NO       |
| Coefficiente de mayoración de acciones perman. $\gamma_p$                      |                   | 1.35     |
| Coefficiente de mayoración de acciones variables $\gamma_q$                    |                   | 1.5      |
| Carga sísmica  |                   | NO       |
| Carga dinámica   |                   | NO       |
| Resistencia al fuego   |                   | RF-90    |
|  |                   |          |
| PARÁMETROS DE SALIDA (CALCULADOS)  |                   |          |
| FASE DE EJECUCIÓN (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3)        |                   |          |
| Coefficiente de seguridad de cargas permanentes, $\gamma_{pe}$                 |                   | 1.35     |
| Coefficiente de seguridad de cargas variables, $\gamma_{qe}$                   |                   | 1.35     |
| Momento máximo negativo, $M_{maxneg.d}$  | mkN/m             | 4.68     |
| Momento máximo positivo, $M_{maxpos.d}$  | mkN/m             | 2.46     |
| Momento resistente elástico eficaz positivo, $M_{Rep}$                         | mkN/m             | 8.44     |
| Momento resistente elástico eficaz negativo, $M_{Ren}$                         | mkN/m             | 5.95     |
| Comprobación a flexión: $M_{maxpos.d} \leq M_{Rep}$                            |                   | CORRECTO |
| Cortante máximo en apoyos, $V_{e.d}$   | kN/m              | 8.46     |
| Cortante resistente, $V_{ue}$  | kN/m              | 89.91    |
| Comprobación a cortante: $V_{e.d} \leq 0.5 \cdot V_{ue}$                       |                   | CORRECTO |
| Flеча para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), $f_{eb}$ | mm                | 4.20     |
| Embalsamiento: ( $f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)                                    |                   | NO       |
| Flеча del forjado (peso propio acero + hormigón), $f_{ec}$                     | mm                | 2.35     |
| Necesidad de apuntalamiento  |                   | NO       |
| FASE MIXTA (artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)                             |                   |          |
| Resultante de compresiones en el hormigón, $N_{cf}$                            | kN/m              | 362.74   |
| Fibra neutra de la sección mixta, x  | cm                | 2.13     |
| <b>Comprobación de los datos</b>   |                   | CORRECTO |
| Momento último resistente, $M_{p.Rd}$  | mkN/m             | 26.33    |
| Momento máximo positivo, $M_{max.d}^+$   | mkN/m             | 7.03     |
| Comprobación a flexión: ( $M_{max.d}^+ \leq M_{p.Rd}$ )                        |                   | CORRECTO |
| Momento máximo negativo, $M_{max.d}^-$   | mkN/m             | 7.17     |
| Cortante último vertical, $V_{v.Rd}$   | kN/m              | 31.10    |
| Cortante vertical máximo, $V_{v.max.d}$  | kN/m              | 18.32    |
| Comprobación a cortante vertical: ( $V_{v.max.d} \leq V_{v.Rd}$ )              |                   | CORRECTO |
| Luz de cortante, $L_s$   | m                 | 0.75     |
| Cortante último a rasante, $V_{l.Rd}$  | kN/m              | 16.34    |
| Cortante máximo para rasante, $V_{l.max.d}$                                    | kN/m              | 8.86     |
| Comprobación a rasante: ( $V_{l.max.d} \leq V_{l.Rd}$ )                        |                   | CORRECTO |

|   |           |            |
|---|-----------|------------|
| Coefficiente de equivalencia a tiempo infinito ( $n = E_s/(E_{cm}/2)$ )       |           | 13.13      |
| Inercia de la sección homogeneizada, $I_T$                                    | $m^4/m$   | 1.209e-05  |
| Inercia homogeneizada de la sección fisurada, $I_{Tf}$                        | $m^4/m$   | 6.173e-06  |
| Inercia a considerar para el cálculo de la flecha, $I_f$                      | $m^4/m$   | 9.134e-06  |
| Carga superficial que actúa sobre el forjado, $Q_d$                           | $kN/m^2$  | 10.07      |
| Flecha, $f$   | mm        | 1.14       |
| Comprobación de flecha ( $f \leq L_v/500$ o 6mm)                              |           | CORRECTO   |
| Área de armaduras, $A_s$  | $cm^2/m$  | 1.50       |
| Diámetro de barras de armadura negativa                                       | mm        | 10.00      |
| Separación entre barras de armadura negativa                                  | cm        | 30.00      |
| Volumen de hormigón por unidad de superficie, $V_H$                           | $m^3/m^2$ | 0.07       |
| Peso del forjado, $Q_{muerta}$  | $kN/m^2$  | 1.91       |
| Mallazo antifisuración  |           | #Ø4@20cm   |
| <b>RESISTENCIA AL FUEGO (parte 1-2 de EC4)</b>                                |           |            |
| <b>PARÁMETROS GEOMÉTRICOS SEGÚN ART. 4.3 DE PARTE 1-2 EC4</b>                 |           |            |
| Distancia $u_1$   | mm        | 37.65      |
| Comprobación $u_1 > 50mm$   |           | INCORRECTO |
| Distancia $u_2$   | mm        | 51.54      |
| Comprobación $u_2 > 50mm$   |           | CORRECTO   |
| Distancia $u_3$   | mm        | 40.00      |
| Comprobación $u_3$  |           | CORRECTO   |
| Parámetro Z   |           | 2.17       |
| Comprobación Z  |           | CORRECTO   |
| <b>COEFICIENTES</b>   |           |            |
| Coef. de minoración del hormigón en situación de incendio, $\gamma_{m,fi,c}$  |           | 1.00       |
| Coef. de minoración del acero en situación de incendio, $\gamma_{m,fi,s}$     |           | 1.00       |
| Coef. de mayoración de acciones perm. en situación de incendio, $\gamma_{GA}$ |           | 1.00       |
| Factor de reducción para el efecto de las acciones, $\eta_{fi}$               |           | 0.44       |
| Coefficiente de combinación, $\gamma_{11}$                                    |           | 0.50       |
| <b>ESFUERZOS</b>  |           |            |
| Momento máximo positivo, $M_{max.d.fi}^+$                                     | $mkN/m$   | 3.07       |
| Momento máximo negativo, $M_{max.d.fi}^-$                                     | $mkN/m$   | 3.14       |
| <b>RESULTADOS</b>   |           |            |
| Espesor eficaz, $h_{eff}$   | cm        | 6.10       |
| Área de armadura positiva por valle, $A_{s,fi}^+$                             | $cm^2/m$  | 0.36       |
| Nº de barras de armadura positiva por valle                                   |           | 1          |
| Diámetro de la armadura positiva  | mm        | 10.00      |
| Área de armadura negativa, $A_{s,fi}^-$                                       | $cm^2/m$  | 1.50       |
| Diámetro de barras de armadura negativa                                       | mm        | 10.00      |
| Separación entre barras de armadura negativa                                  | cm        | 30.00      |
| Temperatura de la armadura inferior, $\theta_{s,inf}$                         | °C        | 524.75     |
| Temperatura de la armadura superior, $\theta_{s,sup}$                         | °C        | 463.95     |
| Coefficiente de reducción de resistencia de la armadura inferior, $K_s^+$     |           | 0.40       |
| Coefficiente de reducción de resistencia de la armadura superior, $K_s^-$     |           | 0.51       |

Resumen de todos los forjados:

|   | FOR. 1 | FOR. 2 | FOR. 3 | FOR.4  |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Nº de vanos   | 1      | 1      | 1      | 2      |
| Luz de vano (m)                                       | 1,35   | 1,45   | 3      | 3      |
| Tipo de perfil  | MT-100 | MT-100 | MT-100 | MT-100 |
| Espesor (mm)  | 0,8    | 0,8    | 0,8    | 0,8    |
| Canto forjado (cm)                                    | 14     | 14     | 14     | 14     |
| Peso forjado (kN/m <sup>2</sup> )                     | 1,91   | 1,91   | 1,91   | 1,91   |
| Área armadura positiva por valle (cm <sup>2</sup> /m) | 0,12   | 0,13   | 0,6    | 0,36   |
| Nº barras de armadura positiva por valle              | 1      | 1      | 1      | 1      |
| Diámetro armadura positiva (mm)                       | 10     | 10     | 10     | 10     |
| Área armadura negativa (cm <sup>2</sup> /m)           | -      | -      | -      | 1,50   |
| Separación entre barras de armadura negativa (cm)     | -      | -      | -      | 30     |
| Diámetro armadura negativa (mm)                       | -      | -      | -      | 10     |
| Necesidad apuntalamiento                              | No     | No     | No     | No     |

Materiales:

|   |       |
|---|-------|
| Resistencia característica del hormigón (MPa) | 30    |
| Límite elástico del acero (MPa)               | 275   |
| Tipo de acero a armar                         | B500S |
| Recubrimiento mecánico inferior (cm)          | 4     |
| Recubrimiento mecánico superior (cm)          | 2,5   |

Como se puede observar, es el mismo tipo de perfil y espesor para todos los forjados, incluso los mismos diámetros de armadura positiva. Por ello, se utilizará la configuración 4 para todo el pabellón. A continuación, se muestran imágenes de la distribución del peso y sobrecarga de uso de los forjados para su cálculo.

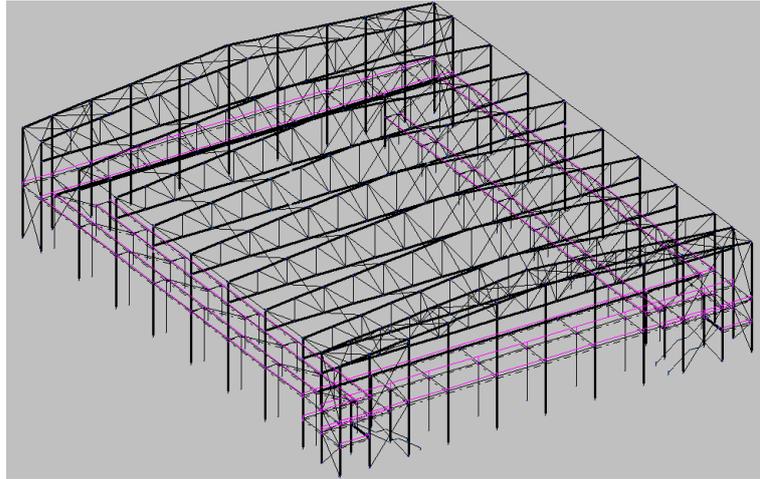


Figura 54 Peso de los forjados.

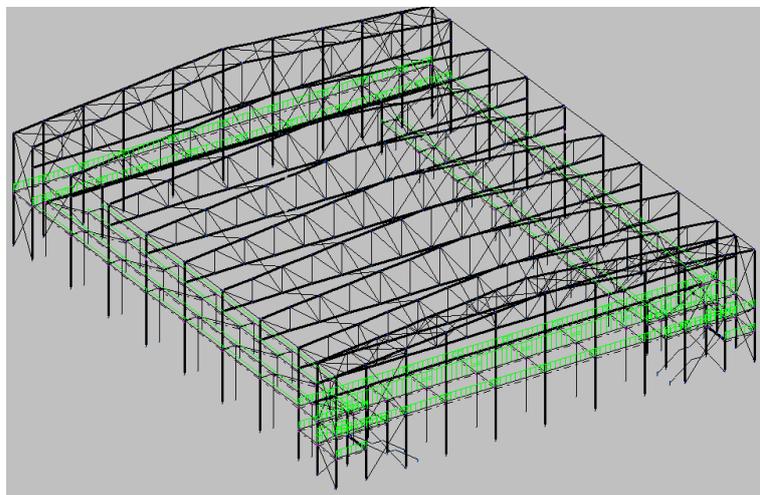


Figura 55 Sobrecarga de uso de los forjados.

**3.1.8.7 Graderío**

Se procederá al cálculo del peso de hormigón que deberá soportar cada una de las vigas que conforman el graderío. Para ello, se dividirán en 3 piezas prefabricadas de hormigón: una tapa inferior, un bloque en L del catálogo NORTENPH de la serie GN3 y una tapa superior. También, habrá que tener en cuenta los bloques de hormigón que se añadirán para formar los escalones del graderío. Aunque solo existan 5 tramos de escaleras y 7 tramos formados por las tapas y el bloque en L se calculará el peso que deberá soportar una viga del graderío teniendo en cuenta como si cada viga sostuviera un tramo de escalera (por seguridad).

A continuación, se indicará el volumen de cada pieza para la obtención de su peso en función de la densidad del hormigón.

| Elemento      | Volumen [m³]   | ρ hormigón [kg/m³] | Peso elemento [kg] |
|---------------|--|--------------------|--------------------|
| Tapa inferior | $0,09 \cdot 0,30 \cdot 6 = 0,162$  | 2.400              | 388,8              |
| Tapa L        | $4 \cdot ((0,09 \cdot 0,45 + 0,09 \cdot 0,84) \cdot 6) = 2,7864$                                       | 2.400              | 6.687,36           |
| Tapa superior | $0,14 \cdot 0,93 \cdot 6 = 0,7812$   | 2.400              | 1.874,88           |
| Escalones     | $((4 \cdot (0,3 \cdot 0,28 + 0,15 \cdot 0,28) + (0,27 \cdot 0,28 + 0,14 \cdot 0,28)) \cdot 6 = 3,7128$ | 2.400              | 8.910,72           |
| <b>TOTAL</b>  | <b>7,4424</b>  | <b>2.400</b>       | <b>17.862</b>      |

Tabla 28 Peso del graderío.

Como cada bloque tiene una longitud de 6 metros, el valor distribuido será:  $17.862 / 6 = 2.977$  kg/m ~ 29,77 kN/m. Las vigas centrales soportarán ese peso mientras que las vigas extremas soportarán la mitad de dicho peso, es decir, 14,89 kN/m.

La carga variable viene reflejada en el DB SE Acciones en la edificación correspondiendo a un valor de 4 kN/m².

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme [kN/m²] | Carga concentrada [kN] |
|------------------|--|----------------------|---|------------------------|------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                      | 2                      |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                      | 2                      |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                      | 2                      |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                      | 4                      |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                      | 4                      |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                      | 4                      |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                      | 7                      |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                      | 4                      |

Tabla 29 Sobrecarga de uso para el graderío.

De igual manera:

Viga extrema →  $4 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} = 12 \text{ kN/m}$

Viga centra →  $4 \text{ kN/m}^2 \cdot 6 \text{ m} = 24 \text{ kN/m}$

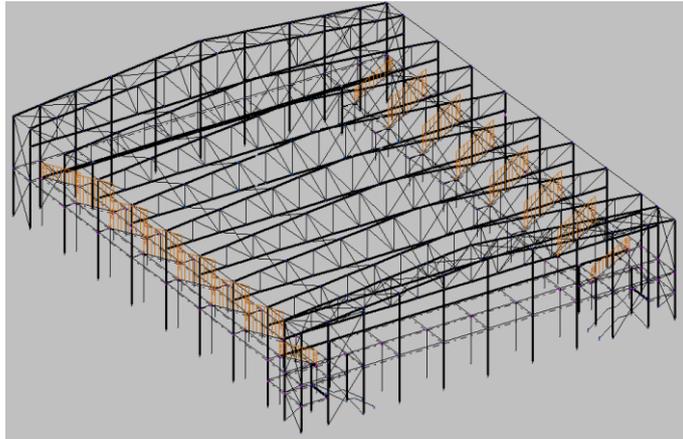


Figura 56 Peso del hormigón sobre las vigas del graderío.

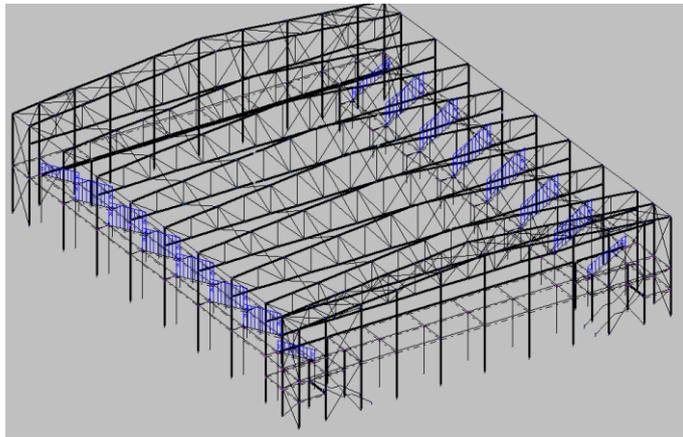


Figura 57 Sobrecarga de uso del graderío sobre las vigas.

### 3.1.8.8 Ascensor

Se escogerá un ascensor de Silens Pro que destaca fundamentalmente por no poseer un cuarto de máquinas ahorrando espacio y proporcionando una mayor libertad de diseño del edificio. En concreto, el modelo escogido es el SilensPro VANGUARD I. Las características del ascensor son:

- Incorpora un motor gearless silencioso, ecológico, compacto y de peso reducido, diseñado para ocupar el menor espacio posible.
- Consumo energético muy reducido.
- Fácil de instalar y mantener.
- Cumple con los nuevos estándares EN81-20 y EN81-50



|                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Capacidad (rango de cargas) | 750-1000 kg                     |
| Velocidad Nominal           | 1 m/s                           |
| Embarques                   | Simple<br>Dobleembarque 0º-180º |
| Maniobra                    | Altamira II                     |
| Cabinas                     | Líneas 210, 310, 350, 550, 710. |
| Puertas de cabina y piso    | 800, 900, 1000 o 1100 mm        |
| Recorrido máximo            | 40 m                            |

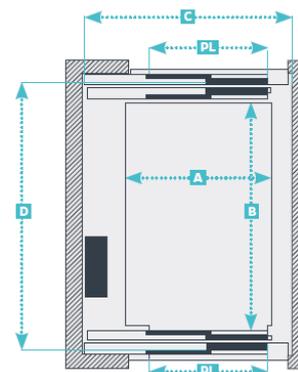
Dimensiones de hueco y cabina estándar

- \* Supeditado al tipo de puertas y a la embocadura.
- \*\* Opción UP reducido de 3250 mm con cabina de 2050 mm.
- \*\*\* Para ascensores con suelo de mármol o cabinas panorámicas consultar foso y UP.

Para ascensores con cabina de altura reducida consultar foso y UP.

CARGA NOMINAL - 750kg / 10 personas    SUSPENSIÓN - 2:1    VELOCIDAD MÁXIMA - 1 m/s

| Embarque<br>Ángulo | Cabina    |           | Hueco     |            | Última parada**<br>AC 2200mm | Foso | Tipo puertas<br>Máximo  |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------------------------|------|-------------------------|
|                    | Ancho (A) | Fondo (B) | Ancho (C) | Fondo* (D) |                              |      |                         |
| 1/0º               | 1100      | 1600      | 1600      | 1875       | 3400                         | 1050 | Telescópica 2H<br>PL900 |
|                    | 1300      | 1400      | 1800      | 1675       |                              |      | Central 2H<br>PL900     |
|                    | 1100      | 1600      | 1950      | 1850       |                              |      | Telescópica 2H<br>PL900 |
|                    | 1300      | 1400      | 1950      | 1675       |                              |      | Central 2H<br>PL900     |
| 2/180º             | 1100      | 1600      | 1600      | 2000       | 3400                         | 1050 | Telescópica 2H<br>PL900 |
|                    | 1300      | 1400      | 1800      | 1800       |                              |      | Telescópica 2H<br>PL900 |
|                    | 1100      | 1600      | 1950      | 1975       |                              |      | Central 2H<br>PL900     |
|                    | 1300      | 1400      | 1950      | 1775       |                              |      | Central 2H<br>PL900     |



Rangos de aplicación (mecánica estándar)

|                  |   |
|------------------|---|
| Recorrido máximo | Hasta 40 m  |
|                  | Foso      Mínimo estándar: 1050 mm  |
| Hueco            | Última parada <b>Mínimo estándar (cabina 2200 mm): 3400 mm</b><br>Mínimo reducida (cabina 2050 mm): 3250 mm |
|                  | Ancho mínimo      Ancho cabina + 500 mm   |
| Cabina           | Fondo mínimo      1400 mm   |
|                  | Fondo máximo      2100 mm   |
|                  | Ancho mínimo      1000 mm   |
|                  | Ancho máximo      1650 mm   |
|                  | <b>Altura estándar      2200 mm</b> (opción 2050 mm y 2100 mm)  |

Las medidas de la caja que contendrá el ascensor son:

FOSO+RECORRIDO+UP = 1,050 + 5,45 + 3,4 = 9,9 m ~ 10,05 m (así quedarán 9 m desde el suelo hasta arriba sin tener en cuenta el foso).

Ancho: 1,8 x 1,8 m + margen (0,5) → 3,0 x 3,0 m para ajustar su unión correcta con pabellón.

La estructura de la caja del ascensor será metálica y se encontrará separada del pabellón polideportivo 3 m donde ambas estructuras se conectarán por un puente. A continuación, se indican las cargas que afectarán a dicha estructura.

Por un lado, se tendrá en cuenta el peso y la sobrecarga de uso del ascensor, donde las cargas se colocarán como puntuales en la cabeza de los pilares de tal manera que se esquematice de la mejor manera posible los efectos de las cargas. Estas cargas son:

$PP_{ascensor} = 2000 \text{ kg} \sim 20 \text{ kN}$  entre 4 pilares → 5 kN (como no se indica se escoge un valor aproximado mirando del lado de la seguridad)

$U_{ascensor} = 750 \text{ kg} \sim 7,5 \text{ kN}$  entre 4 pilares → 1,88 kN

Por otro lado, como se encuentra en el exterior habrá que tener en cuenta la carga de nieve y la carga provocada por el viento.

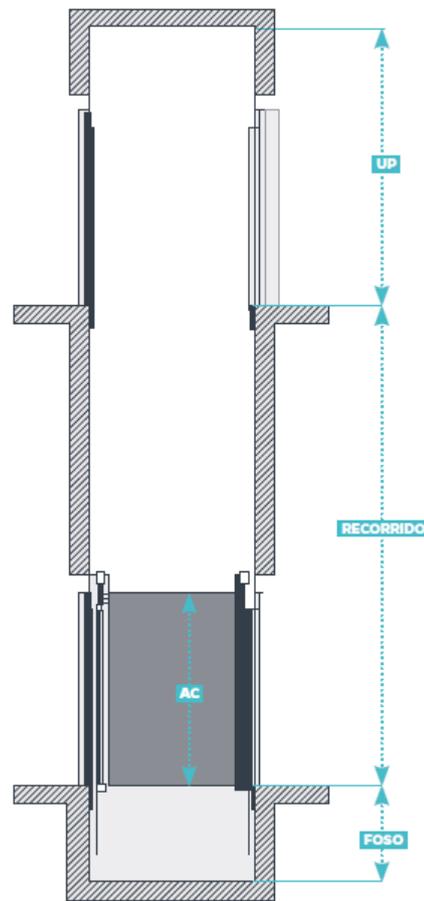
$q_{nieve} = 0,3 \text{ kN/m}^2$  (misma zona que el polideportivo)

Para el viento, habrá que realizar un pequeño análisis de los vientos sobre la estructura:

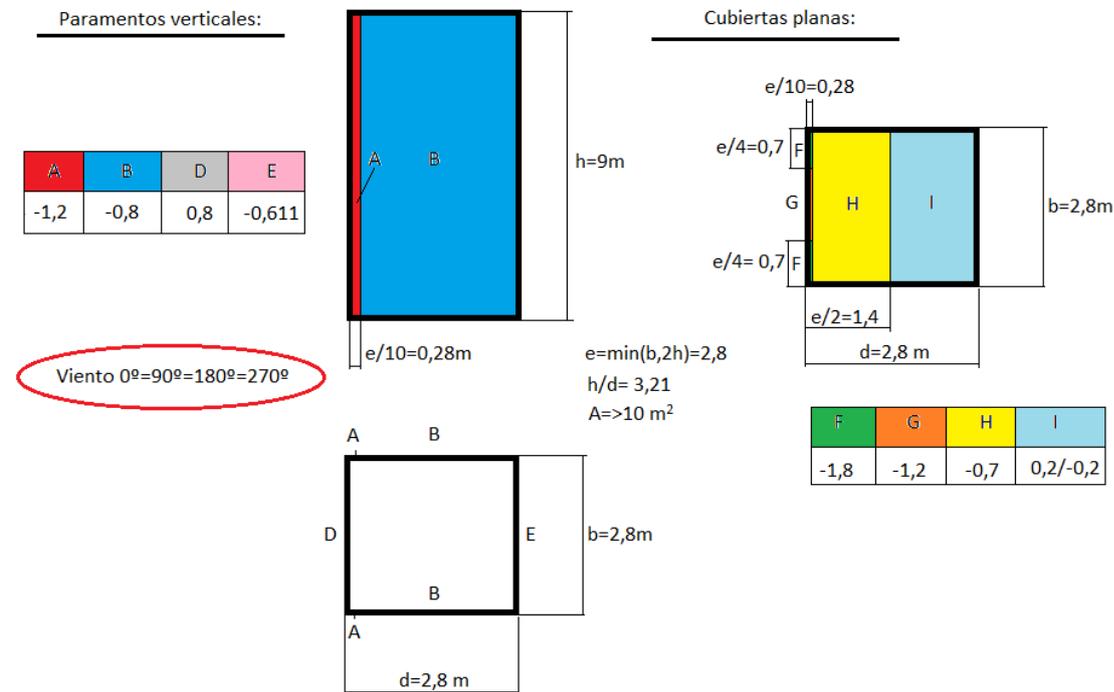
$q_{viento} = q_b \cdot C_e \cdot C_p$

$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

$C_e (h=9\text{m y grado de aspereza I}) = 3$



Se procede al cálculo de los coeficientes de presión ( $C_p$ ). Como la estructura en planta es cuadrada eso quiere decir que todos los vientos son iguales sea la dirección que sea por la que incida.



$$q_{\text{viento}}(A) = 0,52 \cdot 3 \cdot (-1,2) = -1,872 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(B) = 0,52 \cdot 3 \cdot (-0,8) = -1,248 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(D) = 0,52 \cdot 3 \cdot 0,8 = 1,248 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(E) = 0,52 \cdot 3 \cdot (-0,611) = -0,9532 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(F) = 0,52 \cdot 3 \cdot (-1,8) = -2,81 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(G) = 0,52 \cdot 3 \cdot (-1,2) = -1,872 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(H) = 0,52 \cdot 3 \cdot (-0,7) = 1,092 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{viento}}(I) = 0,52 \cdot 3 \cdot (0,2/-0,2) = 0,312/-0,312 \text{ kN/m}^2$$

Las zonas A, F y G se despreciarán debido a que afectan a un área mínima de la caja del ascensor y maximizaría el espesor del vidrio. Las combinaciones de acciones de cara a escoger el vidrio que rodeará la caja del ascensor serán las siguientes:

1.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ NIEVE} \approx 0,45 \text{ kN/m}^2$
2.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ VP} \approx 1,872 \text{ kN/m}^2$
3.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \text{ NIEVE} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{VP} \approx 1,5732 \text{ kN/m}^2$
4.  $1,35 \text{ PP} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{NIEVE} + 1,5 \cdot \text{VP} \approx 2,097 \text{ kN/m}^2$
5.  $0,8 \text{ PP} + 1,5 \text{ VS} \approx -1,872 \text{ kN/m}^2$

Se escoge un vidrio que aguante dicha carga y así obtener el peso del cerramiento de vidrio para así calcular la estructura metálica del ascensor. Para ello:

e = espesor del acristalamiento en mm  
 L = lado mayor del acristalamiento en m  
 l = lado menor del acristalamiento en m (o longitud de los bordes libres para los acristalamientos enmarcados en 2 lados)  
 S = superficie del acristalamiento en m<sup>2</sup>  
 P = presión convencional en Pa

| Acristalamiento enmarcado en 4 lados |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| si : L/l ≤ 3                         | si : L/l > 3                    |
| (1) $e = \sqrt{\frac{SP}{72}}$       | (2) $e = \frac{l\sqrt{P}}{4,9}$ |

3/2,8 = 1,07 → ecuación (1)

$$e = \sqrt{\frac{SP}{72}} = \sqrt{\frac{2,8 \cdot 3 \cdot 2.100}{72}} = 15,15 \text{ mm} \quad e_t = \epsilon e$$

|                            |        |     |
|----------------------------|--------|-----|
| Vidrio laminado SGG STADIP | doble  | 1,3 |
|                            | triple | 1,6 |

$e_t = \epsilon e = 15,15 \cdot 1,3 \approx 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$

Para un vidrio laminado de espesor 2 cm el peso por unidad de superficie es de:

Calculadora de peso del vidrio

Alto:  mts. (ejem. 1.8)  
 Ancho:  mts. (ejem. 1.5)  
 Espesor:  mm.

El peso es:  Kgs.

es decir: 0,5kN/m<sup>2</sup> (se colocará como peso del cerramiento en el generador de pórticos de CYPE).

De la misma manera que se procedió para el cálculo de la estructura del pabellón del polideportivo se realizará para la caja del ascensor (se realizó de manera independiente al pabellón para reducir el número de barras de todo el conjunto).

### 3.1.9 Resultados de los elementos estructurales

A continuación, se adjuntan los cálculos de cada elemento estructural más solicitado de cada grupo de perfiles definidos en común para su dimensionamiento. Debido al gran número de elementos se facilitará resaltando dichos elementos en color rojo.

#### 3.1.9.1 Pilares

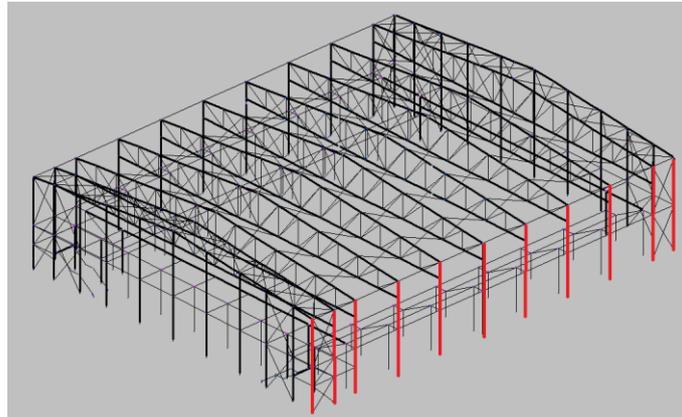


Figura 58 Pilares de los pórticos (y sus simétricos).

Barra N351/N337

| Perfil: HE 260 B<br>Material: Acero (S275)   |   |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|--|---|----------|--------------|-------------------------|--|--|--|----------|----------|----------|-------------------------|--|--|--|------|----------------|-------|--------|----------|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|---|--|-------|--|
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N351</td> <td>N337</td> <td>3.690</td> <td>118.40</td> <td>14920.00</td> <td>5135.00</td> <td>123.80</td> </tr> </tbody> </table>   | Nudos    |              | Longitud (m)            | Características mecánicas                        |  |  |          | Inicial  | Final    | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | N351 | N337           | 3.690 | 118.40 | 14920.00 | 5135.00 | 123.80         |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | Nudos   |          | Longitud (m) |                         | Características mecánicas                        |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | Inicial   | Final    |              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | N351  | N337     | 3.690        | 118.40                  | 14920.00   | 5135.00  | 123.80   |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | <p>Notas:<br/> <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br/> <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p>  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β</td> <td>1.27</td> <td>1.27</td> <td>0.22</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>K</sub></td> <td>4.690</td> <td>4.690</td> <td>0.800</td> <td>3.690</td> </tr> <tr> <td>C<sub>m</sub></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>i</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table> |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  | Plano XY   | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. | β                       | 1.27   | 1.27   | 0.22   | 1.00 | L <sub>K</sub> | 4.690 | 4.690  | 0.800    | 3.690   | C <sub>m</sub> | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | C <sub>i</sub> | - |  | 1.000 |  |
|  |   |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  |   | Plano XY | Plano XZ     | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | β   | 1.27     | 1.27         | 0.22                    | 1.00   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|  | L <sub>K</sub>  | 4.690    | 4.690        | 0.800                   | 3.690  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| C <sub>m</sub>   | 1.000   | 1.000    | 1.000        | 1.000                   |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| C <sub>i</sub>   | -   |          | 1.000        |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| <p>Notación:<br/> β: Coeficiente de pandeo<br/> L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)<br/> C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos<br/> C<sub>i</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p> |   |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| <p><b>Situación de incendio</b><br/> Resistencia requerida: R 90<br/> Factor de forma: 135.68 m-1<br/> Temperatura máx. de la barra: 662.5 °C<br/> Pintura intumescente: 1.2 mm</p>                      |   |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |        |          |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                       |                    |                       |                   |                               |                               |                                |   |   |   |   | Estado                    |                               |                               |
|---|--|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{w, \max}$                          | N <sub>t</sub>        | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                           | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N351/N337   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$<br>Cumple | x: 3.69 m<br>η = 8.6  | x: 0 m<br>η = 12.0 | x: 3.69 m<br>η = 56.8 | x: 0 m<br>η = 6.1 | x: 3.69 m<br>η = 15.1         | η = 0.1                       | η < 0.1                        | η < 0.1                                       | x: 3.69 m<br>η = 63.6                         | η < 0.1                                       | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>       | N.P. <sup>(2)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 63.6     |
| <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br/> <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br/> <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> |  |  |                       |                    |                       |                   |                               |                               |                                |   |   |   |   |                           |                               |                               |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                       |                    |                       |                   |                               |                               |                                |   |   |   |   | Estado                    |                               |                               |
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                               | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>     | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 |                           |                               |                               |
| N351/N337   | x: 3.69 m<br>η = 3.5                                 | x: 0 m<br>η = 21.4                           | x: 3.69 m<br>η = 80.2 | x: 0 m<br>η = 6.6  | x: 3.69 m<br>η = 13.9 | η = 0.1           | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 3.69 m<br>η = 93.5          | η < 0.1                                       | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>                           | N.P. <sup>(2)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>η = 93.5 |                               |                               |
| <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br/> <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br/> <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> |  |  |                       |                    |                       |                   |                               |                               |                                |   |   |   |   |                           |                               |                               |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>Y</sub> | M <sub>Z</sub> | V <sub>Z</sub> | V <sub>Y</sub> | M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> | NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> | NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.81 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 118.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 4838.53 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,Y</sub>** : 14058.60 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,Z</sub>** : 4838.53 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 12693.38 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 14920.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 5135.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 123.80 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 753700.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 4.690 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 4.690 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 3.690 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 13.01 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 11.23 cm

**i<sub>z</sub>** : 6.59 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$22.50 \leq 167.18 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{rc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \frac{225.00}{1} \text{ mm}$$

$$t_w : \frac{10.00}{1} \text{ mm}$$

$$A_w : \frac{22.50}{1} \text{ cm}^2$$

$$A_{rc,ef} : \frac{45.50}{1} \text{ cm}^2$$

$$k : \frac{0.30}{1}$$

$$E : \frac{210000}{1} \text{ MPa}$$

$$f_{yf} : \frac{265.00}{1} \text{ MPa}$$

### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.086} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{256.84} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2988.19} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \frac{118.40}{1} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \frac{252.38}{1} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \frac{265.00}{1} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \frac{1.05}{1}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.079} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.120} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N351, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{235.44} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2988.19} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{118.40} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>mo</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1968.75} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{118.40} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>m1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.90}$$

$$\chi_z : \underline{0.66}$$

$$\chi_T : \underline{0.84}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

$$\phi_z : \underline{0.97}$$

$$\phi_T : \underline{0.70}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.47}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.81}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.50}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{4838.53} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{14058.60} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{4838.53} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{12693.38} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.522} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.568} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{145.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub>**<sup>-</sup> : 169.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>** : 323.80 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 1283.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 252.38 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**γ<sub>m0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>m0</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>b,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>b,Rd</sub>**<sup>+</sup> : 323.80 kN·m

**M<sub>b,Rd</sub>**<sup>-</sup> : 297.49 kN·m

Donde:

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 1283.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 252.38 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**γ<sub>m1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>m1</sub>** : 1.05

**χ<sub>LT</sub>**: Factor de reducción por pandeo lateral.

**χ<sub>LT</sub>**<sup>+</sup> : 1.00

**χ<sub>LT</sub>**<sup>-</sup> : 0.92

Siendo:

**φ<sub>LT</sub>**<sup>+</sup> : 0.50

**φ<sub>LT</sub>**<sup>-</sup> : 0.67

**α<sub>LT</sub>**: Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>LT</sub>** : 0.21

**λ̄<sub>LT</sub>**: Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>LT</sub>**<sup>+</sup> : 0.13

**λ̄<sub>LT</sub>**<sup>-</sup> : 0.52

**M<sub>cr</sub>**: Momento crítico elástico de pandeo lateral.

**M<sub>cr</sub>**<sup>+</sup> : 19772.16 kN·m

**M<sub>cr</sub>**<sup>-</sup> : 1269.12 kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M<sub>cr</sub>** se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

**M<sub>LTv</sub>**<sup>+</sup> : 4083.59 kN·m

**M<sub>LTv</sub>**<sup>-</sup> : 885.33 kN·m

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : 19345.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : 909.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 1147.69 \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 5135.00 \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 123.80 \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 81000 \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 0.800 \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 3.690 \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 7.21 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 7.21 \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.061 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N351, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 8.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N351, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 9.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 151.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 602.20 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 265.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.151 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 82.70 \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{547.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{37.55} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$17.70 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{17.70}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.72} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{1397.38} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{95.90} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.  
**d**: Altura del alma.  
**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**A** : 118.40 cm<sup>2</sup>  
**d** : 225.00 mm  
**t<sub>w</sub>** : 10.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.**f<sub>yd</sub>** : 252.38 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa  
**γ<sub>Mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$62.75 \text{ kN} \leq 273.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V<sub>Ed</sub>** : 62.75 kN**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V<sub>c,Rd</sub>** : 547.15 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$1.72 \text{ kN} \leq 698.69 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V<sub>Ed</sub>** : 1.72 kN**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V<sub>c,Rd</sub>** : 1397.38 kN**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.570} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.629} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.636} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N337, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{140.72}{1} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{169.00}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.15}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \frac{1}{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{2988.19}{1} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{323.80}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{151.98}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \frac{118.40}{1} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \frac{1283.00}{1} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{602.20}{1} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{252.38}{1} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{265.00}{1} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{1}$$

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.01}{1}$$

$$k_z : \frac{1.07}{1}$$

$$k_{y,LT} : \frac{0.99}{1}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{1}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{1}$$

$$C_{m,LT} : \frac{1.00}{1}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.90}{1}$$

$$\chi_z : \frac{0.66}{1}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \frac{0.92}{1}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.47}{1}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.81}{1}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{1}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{1}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$$62.75 \text{ kN} \leq 273.57 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{62.75}{1} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{547.15}{1} \text{ kN}$$

### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{34.88} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1004.71} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{118.40} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.86} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{84.86} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.111} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.214} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N351, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{111.23} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1004.71} \text{ kN}$$

Donde:

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \frac{118.40}{\quad} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \frac{84.86}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \frac{84.86}{\quad} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{265.00}{\quad} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \frac{0.32}{\quad}$$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \frac{1.00}{\quad}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \frac{519.10}{\quad} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \frac{118.40}{\quad} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{84.86}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \frac{84.86}{\quad} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{265.00}{\quad} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \frac{0.32}{\quad}$$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \frac{1.00}{\quad}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \frac{0.78}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{0.52}{\quad}$$

$$\chi_T : \frac{0.76}{\quad}$$

Siendo:

$$\phi_y : \frac{0.79}{\quad}$$

$$\phi_z : \frac{1.25}{\quad}$$

$$\phi_T : \frac{0.81}{\quad}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \frac{0.49}{\quad}$$

$$\alpha_z : \frac{0.49}{\quad}$$

$$\alpha_T : \frac{0.49}{\quad}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.61}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{1.04}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_T : \frac{0.64}{\quad}$$

**k<sub>λ,θ</sub>:** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \frac{1.29}{\quad}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \frac{4838.53}{\quad} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \frac{14058.60}{\quad} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \frac{4838.53}{\quad} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \frac{12693.38}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.596} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.802} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{30.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{64.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{108.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1283.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.86} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{84.86} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{108.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{80.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1283.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.86} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{84.86} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}^+ : \underline{1.00}$

$\chi_{LT}^- : \underline{0.74}$

Siendo:

$\phi_{LT}^+ : \underline{0.51}$

$\phi_{LT}^- : \underline{0.84}$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.17}$

$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.67}$

$k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\alpha,\theta} : \underline{1.29}$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$M_{cr}^+ : \underline{19772.16}$  kN·m

$M_{cr}^- : \underline{1269.12}$  kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$M_{LTV}^+ : \underline{4083.59}$  kN·m

$M_{LTV}^- : \underline{885.33}$  kN·m

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$M_{LTW}^+ : \underline{19345.86}$  kN·m

$M_{LTW}^- : \underline{909.32}$  kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{1147.69}$  cm<sup>3</sup>

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{5135.00}$  cm<sup>4</sup>

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{123.80}$  cm<sup>4</sup>

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000}$  MPa

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{81000}$  MPa

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$L_c^+ : \underline{0.800}$  m

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$L_c^- : \underline{3.690}$  m

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$C_1 : \underline{1.00}$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{f,z}^+ : \underline{7.21}$  cm

$i_{f,z}^- : \underline{7.21}$  cm

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.066}$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N351, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 2.50 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N351, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 3.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 51.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z} : 602.20 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 84.86 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 84.86 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 265.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.32$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.139$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N337, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 25.51 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : 183.97 \text{ kN}$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v : 37.55 \text{ cm}^2$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h : 260.00 \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w : 10.00 \text{ mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 84.86 \text{ MPa}$

Siendo:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>84.86</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>265.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.32</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$17.70 < 65.92$  ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 17.70

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 65.92

$\epsilon$ : Factor de reducción.  $\epsilon$  : 0.94

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.62 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 469.84 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 95.90 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 118.40 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 225.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 10.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 84.86 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 84.86 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.32 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$22.89 \text{ kN} \leq 91.98 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 22.89 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 183.97 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.62 \text{ kN} \leq 234.92 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.62 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 469.84 kN**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.674} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.932} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.935} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N337, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesograsas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

Donde:

|   |   |
|---|---|
| $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  | $N_{c,Ed} : \underline{75.22}$ kN   |
| $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.   | $M_{y,Ed} : \underline{64.92}$ kN·m<br>$M_{z,Ed} : \underline{0.16}$ kN·m                           |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : $\underline{1}$  |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd} : \underline{1004.71}$ kN  |
| $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                          | $M_{pl,Rd,y} : \underline{108.87}$ kN·m<br>$M_{pl,Rd,z} : \underline{51.10}$ kN·m                   |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |   |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : $\underline{118.40}$ cm <sup>2</sup>   |
| $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                            | $W_{pl,y} : \underline{1283.00}$ cm <sup>3</sup><br>$W_{pl,z} : \underline{602.20}$ cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd} : \underline{84.86}$ MPa  |
| Siendo:   |   |
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  | $f_{y,\theta} : \underline{84.86}$ MPa  |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{265.00}$ MPa  |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.   | $k_{y,\theta} : \underline{0.32}$   |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$  |
| $k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.   |   |
|   | $k_y : \underline{1.04}$  |
|   | $k_z : \underline{1.20}$  |
|   | $k_{y,LT} : \underline{0.98}$   |
| $C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y} : \underline{1.00}$<br>$C_{m,z} : \underline{1.00}$<br>$C_{m,LT} : \underline{1.00}$       |
| $\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  | $\chi_y : \underline{0.78}$<br>$\chi_z : \underline{0.52}$  |
| $\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.  | $\chi_{LT} : \underline{0.74}$  |
| $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.                             | $\bar{\lambda}_y : \underline{0.61}$<br>$\bar{\lambda}_z : \underline{1.04}$                        |
| $\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y : \underline{0.60}$<br>$\alpha_z : \underline{0.60}$                                      |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$$22.89 \text{ kN} \leq 91.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{22.89}{183.97} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{183.97}{183.97} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

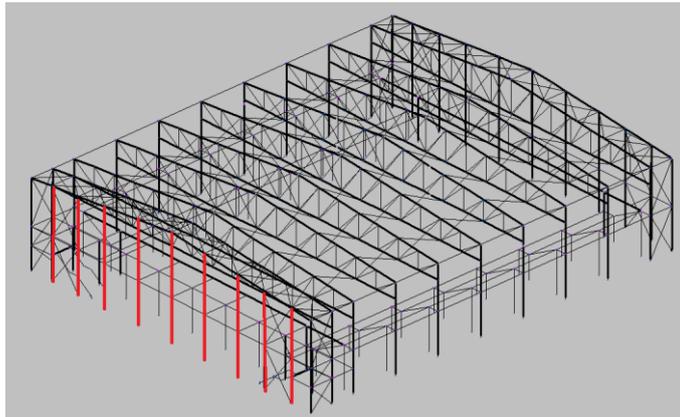


Figura 59 Pilares de los hastiales (y sus simétricos).

Barra N302/N383

| Perfil: HE 400 B  |  | Material: Acero (S275) |              |                           |  |  |  |
|---|--|------------------------|--------------|---------------------------|--|--|--|
|   | Nudos  |                        | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|   | Inicial  | Final                  |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N302   | N383                   | 5.310        | 197.80                    | 57680.00   | 10820.00   | 355.70   |
|   | Notas:   |                        |              |                           |  |  |  |
|   | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |              |                           |  |  |  |
|   | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |              |                           |  |  |  |
|   |  |                        | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |  |                        | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
|   | β  | 1.00                   |              | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
|   | L <sub>k</sub>                                       | 5.310                  |              | 5.310                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000  |                        | 1.000        | 1.000                     | 1.000  |  |  |
| C <sub>1</sub>  |  |                        | -            | 1.000                     |  |  |  |
| Notación:   |  |                        |              |                           |  |  |  |
| β: Coeficiente de pandeo  |  |                        |              |                           |  |  |  |
| L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |              |                           |  |  |  |
| C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos                        |  |                        |              |                           |  |  |  |
| C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |              |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>                                    |  |                        |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90                                     |  |                        |              |                           |  |  |  |
| Factor de forma: 103.02 m-1                                     |  |                        |              |                           |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 630.5 °C                          |  |                        |              |                           |  |  |  |
| Pintura intumescente: 1.0 mm                                    |  |                        |              |                           |  |  |  |

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |  |                      |                   |                    |                   |                   |                |                               |                               |                                |  |   |                               | Estado              |                               |
|-----------|---|--|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
|           | $\bar{\lambda}$                                     | $\lambda_w$                                | N <sub>t</sub>       | N <sub>c</sub>    | M <sub>y</sub>     | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |                     | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N302/N383 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                     | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$<br>Cumple | x: 5.31 m<br>η = 1.7 | x: 0 m<br>η = 3.5 | x: 0 m<br>η = 36.2 | x: 0 m<br>η = 4.0 | x: 0 m<br>η = 6.7 | η = 0.2        | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 0 m<br>η = 38.7             | η < 0.1  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>           | N.P. <sup>(2)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 38.7     |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                   |                    |                   |                   |                |                               |                               |                                |  |                |   |                               |                     | Estado                    |
|-----------|--|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|---|-------------------------------|---------------------|---------------------------|
|           | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>    | M <sub>y</sub>     | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                     |                           |
| N302/N383 | x: 5.31 m<br>η = 0.7                                 | x: 0 m<br>η = 5.2 | x: 0 m<br>η = 30.0 | x: 0 m<br>η = 3.2 | x: 0 m<br>η = 5.6 | η = 0.1        | η < 0.1                       | η < 0.1                       | η < 0.1                        | x: 0 m<br>η = 30.2   | η < 0.1        | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>           | N.P. <sup>(2)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 30.2 |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:  
 N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
 N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
 M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
 M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
 V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y  
 V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z  
 M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.81 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 197.80 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 7953.48 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 42398.96 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 7953.48 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

|  |  |
|--|--|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\frac{57680.00}{}$ cm <sup>4</sup>   |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\frac{10820.00}{}$ cm <sup>4</sup>   |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\frac{355.70}{}$ cm <sup>4</sup>     |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\frac{3817000.00}{}$ cm <sup>6</sup> |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                             |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa                              |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{5.310}{}$ m                   |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{5.310}{}$ m                   |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{0.000}{}$ m                   |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : $\frac{18.61}{}$ cm                   |

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{17.08}{}$ cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{7.40}{}$ cm  |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm  |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm  |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$26.07 \leq 193.14 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : $\frac{352.00}{}$ mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : $\frac{13.50}{}$ mm                  |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : $\frac{47.52}{}$ cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : $\frac{72.00}{}$ cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : $\frac{0.30}{}$                                  |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                            |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : $\frac{265.00}{}$ MPa               |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.017 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N383, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 83.51 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{4992.10} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{197.80} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{125.97} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{4992.10} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{197.80} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{3580.00} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{197.80} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\chi_z : 0.72$$

$$\phi_y : 0.58$$

$$\phi_z : 0.93$$

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.35$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.81$$

$$N_{cr} : 7953.48 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 42398.96 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 7953.48 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.362 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 295.62 \text{ kN·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 293.56 \text{ kN·m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 815.70 \text{ kN·m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 3232.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 265.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.040 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 11.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 11.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 278.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**$W_{pl,z}$** : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$W_{pl,z}$**  : 1104.00  $\text{cm}^3$

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 252.38 MPa

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$**  : 265.00 MPa

**$\gamma_{MO}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{MO}$**  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.067$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 68.20 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : 1019.99 \text{ kN}$

Donde:

**$A_v$** : Área transversal a cortante.

**$A_v$**  : 70.00  $\text{cm}^2$

Siendo:

**$h$** : Canto de la sección.

**$h$**  : 400.00 mm

**$t_w$** : Espesor del alma.

**$t_w$**  : 13.50 mm

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 252.38 MPa

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$**  : 265.00 MPa

**$\gamma_{MO}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{MO}$**  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$22.07 < 65.92$  ✓

Donde:

**$\lambda_w$** : Esbeltez del alma.

**$\lambda_w$**  : 22.07

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{\text{máx}}$  : 65.92

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.94

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{\text{ref}}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 265.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{\text{Ed}}$  : 3.86 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{\text{c,Rd}}$  viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$  : 2189.76 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 150.28 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 197.80 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 352.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 13.50 mm

$f_{\text{yd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{\text{yd}}$  : 252.38 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 265.00 MPa

$\gamma_{\text{MO}}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{\text{MO}}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{\text{Ed}}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{\text{c,Rd}}$ .

**68.20 kN ≤ 509.99 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{\text{Ed}}$  : 68.20 kN

$V_{\text{c,Rd}}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{\text{c,Rd}}$  : 1019.99 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$3.86 \text{ kN} \leq 1094.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.86} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{2189.76} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.385} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.387} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.249} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N302, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{110.29} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{295.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{4992.10} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{815.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{278.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{197.80} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{3232.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{1104.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.03}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.97}{}$$

$$\chi_z : \frac{0.72}{}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.35}{}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.81}{}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$68.20 \text{ kN} \leq 509.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{68.20}{\text{kN}}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{1019.99}{\text{kN}}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \frac{0.007}{\checkmark}$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N383, para la combinación de acciones  $PP + \text{Pesoforjados} + \text{Pesogradas} + \text{Pesoescaleras} + 0.5 \cdot V(90^\circ)H2$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{14.94}{\text{kN}}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \frac{2080.24}{\text{kN}}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \frac{197.80}{\text{cm}^2}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{105.17}{\text{MPa}}$$

Siendo:

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>105.17</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>265.00</u> MPa          |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.40</u>       |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>  |

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.028 ✓

$\eta$  : 0.052 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 57.26 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 2080.24 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 197.80 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 105.17 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 105.17 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 265.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.40

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 1095.36 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 197.80 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 105.17 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 105.17 MPa

|   |   |
|---|---|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>265.00</u> MPa               |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.           | $k_{y,\theta}$ : <u>0.40</u>            |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>       |
| $\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.   | $\chi_y$ : <u>0.87</u>                  |
|   | $\chi_z$ : <u>0.53</u>                  |
| Siendo:   | $\phi_y$ : <u>0.66</u>                  |
|   | $\phi_z$ : <u>1.23</u>                  |
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  | $\alpha_y$ : <u>0.49</u>                |
|   | $\alpha_z$ : <u>0.49</u>                |
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  | $\bar{\lambda}_y$ : <u>0.44</u>         |
|   | $\bar{\lambda}_z$ : <u>1.02</u>         |
| $k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\alpha,\theta}$ : <u>1.26</u>       |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                 | $N_{cr}$ : <u>7953.48</u> kN            |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                   | $N_{cr,y}$ : <u>42398.96</u> kN         |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                   | $N_{cr,z}$ : <u>7953.48</u> kN          |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.   | $N_{cr,T}$ : <u><math>\infty</math></u> |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.300 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 90.75 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 102.01 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 339.91 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 3232.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 105.17 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 105.17 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>265.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.40</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.032 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 3.68 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 3.69 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 116.11 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 1104.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 105.17 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 105.17 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>265.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.40</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.056 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 23.72 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>** : 425.03 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 70.00 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 400.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 13.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 105.17 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 105.17 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.40

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**22.07 < 65.92** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 22.07

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 65.92

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.94

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

**η** : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 1.29 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>** : 912.49 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 150.28 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 197.80 cm<sup>2</sup>

**d**: Altura del alma.

**d** : 352.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 13.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 105.17 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 105.17 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.40

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

**23.72 kN ≤ 212.52 kN**



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 23.72 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>c,Rd</sub>** : 425.03 kN

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

**1.29 kN ≤ 456.24 kN**



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.29 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 912.49 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.302 ✓

$\eta$  : 0.298 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N302, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 4.40 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$  : 102.01 kN·m

$M_{z,Ed}$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$  : 2080.24 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 339.91 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 116.11 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed}$  : -101.44 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed}$  : 31.38 MPa

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com}$  : 3232.00 cm<sup>3</sup>

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 197.80 cm<sup>2</sup>

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$  : 339.91 kN·m

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

**23.72 kN ≤ 212.52 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$  : 23.72 kN

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$  : 425.03 kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

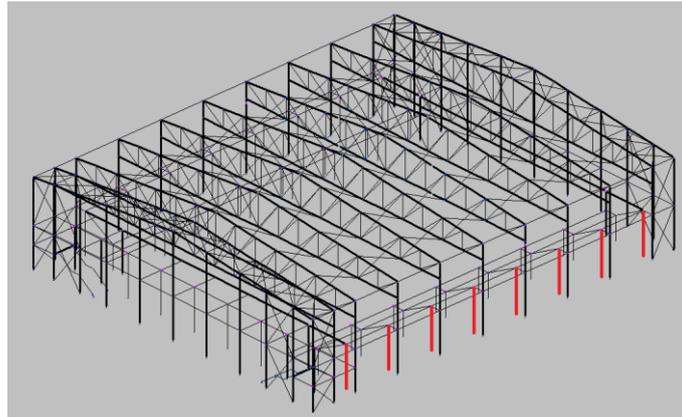


Figura 60 Pilares de soporte para el graderío (y sus simétricos).

Barra N530/N505

| Perfil: HE 200 B  |   | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |  |
|---|---|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
|   | Nudos   |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |  |
|   | Inicial   | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |  |
|   | N530  | N505                   | 5.310                     | 78.10                   | 5696.00  | 2003.00  | 59.28  |  |
|   | Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |  |
|   |   |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |  |
|   |   |                        | Plano XY                  | Plano XZ                | Ala sup.   | Ala inf.   |  |  |
|   | β   | 0.70                   | 0.70                      | 0.00                    | 0.00   |  |  |  |
|   | L <sub>K</sub>  | 3.717                  | 3.717                     | 0.000                   | 0.000  |  |  |  |
|   | C <sub>m</sub>  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   | 1.000  |  |  |  |
|   | C <sub>1</sub>  | -                      |                           | 1.000                   |  |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |                        |                           |                         |  |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b><br>Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 156.97 m <sup>-1</sup><br>Temperatura máx. de la barra: 659.5 °C<br>Pintura intumescente: 1.4 mm                |   |                        |                           |                         |  |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE                    |  |  |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               | Estado                    |
|---|--|--|--|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$  | $\bar{\lambda}_{w}$  | N <sub>t</sub>   | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N530/N505   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple  | $\bar{\lambda}_{w} \leq \bar{\lambda}_{w, \text{máx}}$<br>Cumple | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N <sub>t</sub> P <sub>t</sub> <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 19.6 | x: 5.31 m<br>η = 34.2 | x: 0 m<br>η = 5.7 | η = 4.5                       | η = 0.2                       | η < 0.1                        | η < 0.1  | x: 5.31 m<br>η = 50.5          | η < 0.1  | η = 0.1                       | η = 4.5                       | η = 0.2                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 50.5 |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. |  |  |  |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               |                           |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO                   |  |  |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               | Estado                    |
|   | N <sub>t</sub>   | N <sub>c</sub>   | M <sub>y</sub>   | M <sub>z</sub>     | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                               |                               |                           |
| N530/N505   | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N <sub>t</sub> P <sub>t</sub> <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 29.0   | x: 5.31 m<br>η = 50.1  | x: 0 m<br>η = 6.0  | η = 7.1               | η = 0.2           | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 5.31 m<br>η = 73.0          | η < 0.1  | η = 0.1                        | η = 7.1  | η = 0.2                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 73.0     |                               |                           |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. |  |  |  |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               |                           |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | V <sub>z</sub> | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.85 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 3004.80 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 8544.84 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 3004.80 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 3.717 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 3.717 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 9.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 8.54 cm

**i<sub>z</sub>** : 5.06 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$18.89 \leq 163.60$  ✓

Donde:

|  |  |
|--|--|
| $h_w$ : Altura del alma.                                 | $h_w$ : <u>170.00</u> mm                   |
| $t_w$ : Espesor del alma.                                | $t_w$ : <u>9.00</u> mm                     |
| $A_w$ : Área del alma.                                   | $A_w$ : <u>15.30</u> cm <sup>2</sup>       |
| $A_{rc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.          | $A_{rc,ef}$ : <u>30.00</u> cm <sup>2</sup> |
| $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección. | $k$ : <u>0.30</u>                          |
| $E$ : Módulo de elasticidad.                             | $E$ : <u>210000</u> MPa                    |
| $f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ : <u>275.00</u> MPa               |
| Siendo:  |  |

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.124 ✓

$\eta$  : 0.196 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N530, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 253.86 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 2045.48 kN

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                   |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  | <b>A</b> : <u>78.10</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.  | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>      |

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 1296.15 kN

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | <b>A</b> : <u>78.10</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.                 | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>      |

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.88

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\chi_z : 0.63$$

$$\phi_y : 0.68$$

$$\phi_z : 1.02$$

$$\alpha_y : 0.34$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.50$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.85$$

$$N_{cr} : 3004.80 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 8544.84 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 3004.80 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

### Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.342 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N505, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 57.53 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N505, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H3.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 11.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 168.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 642.50 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : 1.05$$

### Resistencia a pandeo lateral (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.057 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N530, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 4.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N530, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}$  : 4.59 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 80.09 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.045 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 17.03 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 375.76 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 24.85 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 200.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.89 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

 $f_{ref}$ : Límite elástico de referencia. $f_{ref}$ : 235.00 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.71} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

 $A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

 $d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

 $t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$17.03 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradadas.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{17.03} \text{ kN}$$

 $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$1.71 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 1.71 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : 949.60 \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.478$  ✓

$\eta : 0.505$  ✓

$\eta : 0.424$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N505, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{Uso forjados} + 1.5 \cdot \text{Uso Gradadas}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : 249.54 \text{ kN}$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed} : 57.53 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} : 1.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd} : 2045.48 \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : 168.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : 80.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y} : 642.50 \text{ cm}^3$

$W_{pl,z} : 305.80 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1} : 1.05$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.04$

$k_z : 1.21$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : 1.00$

$C_{m,z} : 1.00$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y : 0.88$

$\chi_z : 0.63$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : 0.50$

$\bar{\lambda}_z : 0.85$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y : 0.60$

$\alpha_z : 0.60$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

**17.03 kN ≤ 187.88 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$  : 17.03 kN  
 $V_{c,Rd,z}$  : 375.76 kN

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 5.98 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : **0.045** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 16.84 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 375.71 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 375.76 kN  
 $\tau_{T,Ed}$  : 0.05 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{261.90}$  MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.002}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{1.71}$  kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.00}$  kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{949.31}$  kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd} : \underline{949.60}$  kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : \underline{0.12}$  MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{39.52}$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{261.90}$  MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.142}$  ✓

$\eta : \underline{0.290}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N530, para la combinación de acciones PP+Peso forjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \underline{99.87}$  kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{702.54} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{343.87} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.76}$$

$$\chi_z : \underline{0.49}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.82}$$

$$\phi_z : \underline{1.31}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.65}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.09}$$

**k<sub>λ,θ</sub>:** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.29}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3004.80} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{8544.84} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3004.80} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.501} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N505, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

 $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{28.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

 $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{57.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N530, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H1.

 $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N530, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

 $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

**W<sub>pl,z</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W<sub>pl,z</sub> :** 305.80 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 89.95 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 89.95 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.33

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.071 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub> :** 9.15 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub> :** 129.06 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>:** Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub> :** 24.85 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h:** Canto de la sección. **h :** 200.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma. **t<sub>w</sub> :** 9.00 mm

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 89.95 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 89.95 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.33

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.89}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.62} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$9.15 \text{ kN} \leq 64.53 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{9.15} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.62 \text{ kN} \leq 163.08 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.62} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.647} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.730} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.618} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N505, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{96.68} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{28.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

|   |  |
|---|--|
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd} : \underline{702.54} \text{ kN}$  |
| $M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{pl,Rd,y} : \underline{57.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$<br>$M_{pl,Rd,z} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
| <b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)  |  |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | $A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$   |
| $W_{pl,y}$ , $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.   | $W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$<br>$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$                           |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$   |
| Siendo:   |  |
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  | $f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$   |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$   |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.   | $k_{y,\theta} : \underline{0.33}$  |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$   |
| $k_y$ , $k_z$ : Coeficientes de interacción.  | $k_y : \underline{1.08}$<br>$k_z : \underline{1.39}$   |
| $C_{m,y}$ , $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.   | $C_{m,y} : \underline{1.00}$<br>$C_{m,z} : \underline{1.00}$   |
| $\chi_y$ , $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                       | $\chi_y : \underline{0.76}$<br>$\chi_z : \underline{0.49}$   |
| $\bar{\lambda}_y$ , $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.    | $\bar{\lambda}_y : \underline{0.65}$<br>$\bar{\lambda}_z : \underline{1.09}$   |
| $\alpha_y$ , $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.  | $\alpha_y : \underline{0.60}$<br>$\alpha_z : \underline{0.60}$   |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

**9.15 kN ≤ 64.52 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z} : \underline{9.15} \text{ kN}$   
 $V_{c,Rd,z} : \underline{129.04} \text{ kN}$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 2.05 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.071 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 9.15 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 129.04 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$  : 129.06 kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$  : 0.02 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.33</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.62} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{326.05} \text{ kN}$$

Donde:

$$V_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{pl,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \tau_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$W_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{y,\theta}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$k_{y,\theta}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$$\gamma_{M,\theta}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

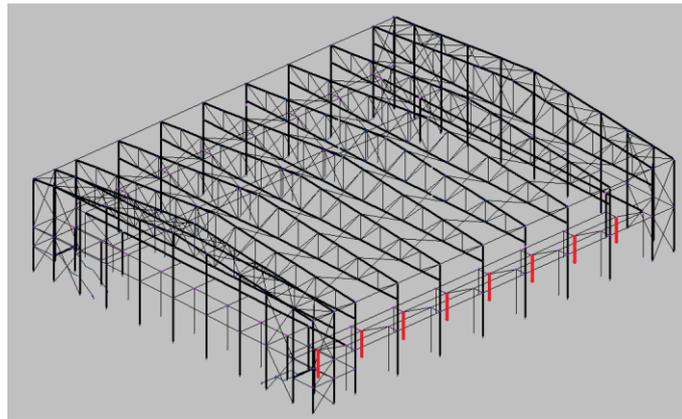


Figura 61 Pilares de soporte para el graderío (y sus simétricos).

Barra N517/N464

| Perfil: HE 200 B  |       | Material: Acero (S275)  |  | Nudos  |  | Longitud (m) | Características mecánicas |  |                |  |  |  |
|---|-------|-------------------------|--|--|--|--------------|---------------------------|--|----------------|--|--|--|
| Inicial   | Final | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |              |                           |  |                |  |  |  |
| N517  | N464  | 3.060                   | 78.10  | 5696.00  | 2003.00  | 59.28        |                           |  |                |  |  |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |                         |  |  |  |              | Pandeo                    |  | Pandeo lateral |  |  |  |
|   |       | Plano XY                | Plano XZ   | Ala sup.   | Ala inf.   |              |                           |  |                |  |  |  |
| β   | 0.70  | 0.70                    | 0.00   | 0.00   |  |              |                           |  |                |  |  |  |
| L <sub>K</sub>  | 2.142 | 2.142                   | 0.000  | 0.000  |  |              |                           |  |                |  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000 | 1.000                   | 1.000  | 1.000  |  |              |                           |  |                |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -     | 1.000                   |  |  |  |              |                           |  |                |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |                         |  |  |  |              | Situación de incendio     |  |                |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 156.97 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 659.5 °C<br>Pintura intumescente: 1.4 mm  |       |                         |  |  |  |              |                           |  |                |  |  |  |

| COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                                   |  |                                   |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               | Estado                        |
|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Barra  | $\bar{\lambda}$                   | $\lambda_w$                                | N <sub>t</sub>                    | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N517/N464  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple   | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | N <sub>es</sub> = 0.00<br>N.P.(1) | x: 0 m<br>η = 14.6 | x: 3.06 m<br>η = 58.8 | x: 0 m<br>η = 5.5 | η = 16.3                      | η = 0.3                       | η < 0.1                        | η < 0.1  | x: 3.06 m<br>η = 67.6          | η < 0.1  | η < 0.1                       | η = 16.3                      | η = 0.3                       |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay eje de tracción.   |                                   |  |                                   |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               |
| COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO   |                                   |  |                                   |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               | Estado                        |
| Barra  | N <sub>t</sub>                    | N <sub>c</sub>                             | M <sub>y</sub>                    | M <sub>z</sub>     | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                               |                               |
| N517/N464  | N <sub>es</sub> = 0.00<br>N.P.(1) | x: 0 m<br>η = 19.3                         | x: 3.06 m<br>η = 73.2             | x: 0 m<br>η = 5.6  | η = 17.7              | η = 0.3           | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 3.06 m<br>η = 91.7          | η < 0.1  | η < 0.1                        | η = 17.7   | η = 0.3                       |                               |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay eje de tracción.   |                                   |  |                                   |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |                                   |  |                                   |                    |                       |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.49 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 9048.18 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 25730.61 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 9048.18 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 2.142 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 2.142 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 9.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 8.54 cm

**i<sub>z</sub> :** 5.06 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**18.89 ≤ 163.60** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**h<sub>w</sub> :** 170.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 9.00 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>w</sub> :** 15.30 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>rc,ef</sub> :** 30.00 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.124} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N517, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{253.90} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1738.90} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.85}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.56}$$

$$\phi_z : \underline{0.69}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.49}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{9048.18} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{25730.61} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{9048.18} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.588} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N464, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{98.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N464, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{34.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.055} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N517, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N517, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{80.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.163 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 61.07 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 375.76 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 24.85 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 200.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.89 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.73} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$61.07 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{61.07} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$2.73 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 2.73 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 949.60 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.672 ✓

$\eta$  : 0.676 ✓

$\eta$  : 0.453 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N464, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 158.30 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+$  : 98.98 kN·m  
 $M_{z,Ed}^+$  : 0.52 kN·m  
**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1  
 $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd}$  : 2045.48 kN  
 $M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$  : 168.27 kN·m  
 $M_{pl,Rd,z}$  : 80.09 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 78.10 cm<sup>2</sup>  
 $W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>  
 $W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$  : 1.01

$k_z$  : 1.03

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$  : 1.00

$C_{m,z}$  : 1.00

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$  : 0.97

$\chi_z$  : 0.85

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_y &: 0.29 \\ \bar{\lambda}_z &: 0.49 \\ \alpha_y &: 0.60 \\ \alpha_z &: 0.60\end{aligned}$$

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$$61.07 \text{ kN} \leq 187.86 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\begin{aligned}V_{Ed,z} &: 61.07 \text{ kN} \\ V_{c,Rd,z} &: 375.72 \text{ kN}\end{aligned}$$

#### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 5.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned}W_T &: 39.52 \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: 261.90 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned}f_y &: 275.00 \text{ MPa} \\ \gamma_{MO} &: 1.05\end{aligned}$$

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.163 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 61.07 \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : 0.00$  kN·m  
 El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 375.72 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 375.76 \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : 0.04 \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 39.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.003 \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 2.73 \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  
 El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN·m}$$

$$V_{pl,T,Rd} : 949.51 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 949.60 \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : 0.04 \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 39.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

#### Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

#### Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.148} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.193} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N517, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{104.15} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{702.54} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{539.91} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

$$\chi_z : \underline{0.77}$$

Siendo:

|  |                        |                            |
|--|------------------------|----------------------------|
|  | $\phi_y$ :             | <u>0.61</u>                |
|  | $\phi_z$ :             | <u>0.80</u>                |
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.   | $\alpha_y$ :           | <u>0.49</u>                |
|  | $\alpha_z$ :           | <u>0.49</u>                |
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.   | $\bar{\lambda}_y$ :    | <u>0.37</u>                |
|  | $\bar{\lambda}_z$ :    | <u>0.63</u>                |
| $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\lambda,\theta}$ : | <u>1.29</u>                |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                  | $N_{cr}$ :             | <u>9048.18</u> kN          |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                    | $N_{cr,y}$ :           | <u>25730.61</u> kN         |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                    | $N_{cr,z}$ :           | <u>9048.18</u> kN          |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  | $N_{cr,T}$ :           | <u><math>\infty</math></u> |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.732 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N464, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 42.28 kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 57.80 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N517, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N517, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.177} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.87} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $t_w$ : Espesor del alma.   | $t_w$ : <u>9.00</u> mm            |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd}$ : <u>89.95</u> MPa       |
| Siendo:   |                                   |
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>89.95</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.33</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$14.89 < 64.71$  ✓

|   |  |
|---|--|
| Donde:  |  |
| $\lambda_w$ : Esbeltez del alma.                  | $\lambda_w$ : <u>14.89</u>             |
| $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.        | $\lambda_{m\acute{a}x}$ : <u>64.71</u> |
| $\epsilon$ : Factor de reducción.                 | $\epsilon$ : <u>0.92</u>               |
| Siendo:   |  |
| $f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.        | $f_{ref}$ : <u>235.00</u> MPa          |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa              |

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.96 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 326.15 kN

Donde:  
 $A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:  
 $A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

|   |   |
|---|---|
| <b>d</b> : Altura del alma.   | <b>d</b> : <u>170.00</u> mm               |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.  | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>9.00</u> mm     |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.   | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>89.95</u> MPa  |
| Siendo:   |   |
| <b>f<sub>y,θ</sub></b> : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | <b>f<sub>y,θ</sub></b> : <u>89.95</u> MPa |
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa  |
| <b>k<sub>y,θ</sub></b> : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | <b>k<sub>y,θ</sub></b> : <u>0.33</u>      |
| <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                     | <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : <u>1.00</u>      |

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

**22.87 kN ≤ 64.53 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 22.87 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 129.06 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

**0.96 kN ≤ 163.08 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.96 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 326.15 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

**η** : 0.886 ✓

$$\eta : \underline{0.917} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.650} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N464, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

Donde:

|   |  |
|---|--|
| $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  | $N_{c,Ed} : \underline{102.31} \text{ kN}$   |
| $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.   | $M_{y,Ed}^+ : \underline{42.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$<br>$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$    |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>  |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd} : \underline{702.54} \text{ kN}$  |
| $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                          | $M_{pl,Rd,y} : \underline{57.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$<br>$M_{pl,Rd,z} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$ |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

|  |  |
|--|--|
| $A$ : Área de la sección bruta.  | $A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$   |
| $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. | $W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$<br>$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$ |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.   | $f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$   |

Siendo:

$$f_{y,\theta} : \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$k_{y,\theta} : \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$$\gamma_{M,\theta} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.03}$$

$$k_z : \underline{1.12}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

$$\chi_z : \underline{0.77}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.37}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.63}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$$22.87 \text{ kN} \leq 64.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{22.87}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{129.04}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \frac{2.05}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \frac{39.52}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \frac{89.95}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \frac{89.95}{\quad} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \frac{0.33}{\quad}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \frac{1.00}{\quad}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.177 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{22.87}{\quad} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \frac{129.04}{\quad} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 129.06 kN  
 $\tau_{T,Ed}$  : 0.01 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.003 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.96 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 326.12 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 326.15 kN  
 $\tau_{T,Ed}$  : 0.01 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

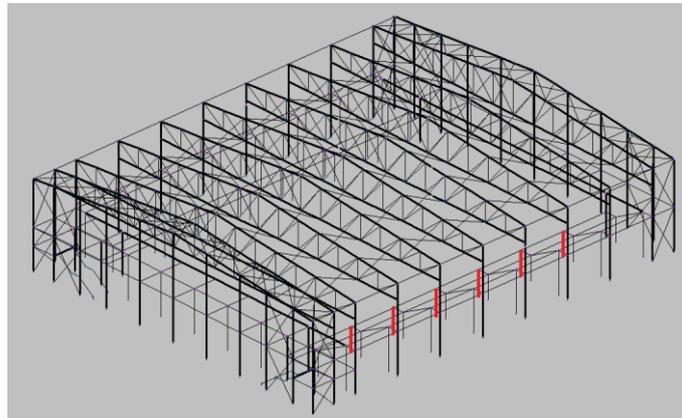


Figura 62 Pilares de soporte para el graderío (y sus simétricos).

Barra N418/N411

| Perfil: HE 200 B<br>Material: Acero (S275)  |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|---|--|----------|--------------|-------------------------|--|--|--|----------|----------|----------|-------------------------|--|--|--|------|----------------|-------|-------|---------|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|---|--|-------|--|
|   | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N418</td> <td>N411</td> <td>3.060</td> <td>78.10</td> <td>5696.00</td> <td>2003.00</td> <td>59.28</td> </tr> </tbody> </table>   | Nudos    |              | Longitud (m)            | Características mecánicas                        |  |  |          | Inicial  | Final    | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | N418 | N411           | 3.060 | 78.10 | 5696.00 | 2003.00 | 59.28          |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | Nudos  |          | Longitud (m) |                         | Características mecánicas                        |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | Inicial  | Final    |              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | N418   | N411     | 3.060        | 78.10                   | 5696.00  | 2003.00  | 59.28  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | <p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p>   |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.70</td> <td>0.70</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>k</sub></td> <td>2.142</td> <td>2.142</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>m</sub></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table> |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  | Plano XY   | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. | $\beta$                 | 0.70   | 0.70   | 0.00   | 0.00 | L <sub>k</sub> | 2.142 | 2.142 | 0.000   | 0.000   | C <sub>m</sub> | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | C <sub>1</sub> | - |  | 1.000 |  |
|   |  |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   |  | Plano XY | Plano XZ     | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | $\beta$  | 0.70     | 0.70         | 0.00                    | 0.00   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | L <sub>k</sub>   | 2.142    | 2.142        | 0.000                   | 0.000  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000  | 1.000    | 1.000        | 1.000                   |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| C <sub>1</sub>  | -  |          | 1.000        |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| <p>Notación:</p> <p><math>\beta</math>: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>k</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p> |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| <p><b>Situación de incendio</b></p> <p>Resistencia requerida: R 90</p> <p>Factor de forma: 156.97 m<sup>-1</sup></p> <p>Temperatura máx. de la barra: 659.5 °C</p> <p>Pintura intumescente: 1.4 mm</p>                            |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |         |         |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                           |                         |                         |                         |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               | Estado       |                                |
|-----------|--|--|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------------|
|           | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_w$                                | N <sub>t</sub>            | N <sub>c</sub>          | M <sub>y</sub>          | M <sub>z</sub>          | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |              | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>  |
| N418/N411 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | x: 3.06 m<br>$\eta = 0.8$ | x: 0 m<br>$\eta = 2.4$  | x: 0 m<br>$\eta = 33.3$ | x: 0 m<br>$\eta = 10.3$ | $\eta = 6.7$                  | $\eta = 0.5$                  | $\eta < 0.1$                   | $\eta < 0.1$   | x: 0 m<br>$\eta = 35.8$        | $\eta < 0.1$   | $\eta = 0.1$                  | $\eta = 6.1$                  | $\eta = 0.5$ | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 35.8$ |
| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                           |                         |                         |                         |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               | Estado       |                                |
| N418/N411 | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                             | M <sub>y</sub>            | M <sub>z</sub>          | V <sub>z</sub>          | V <sub>y</sub>          | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |              | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 41.8$ |
|           | x: 3.06 m<br>$\eta = 0.3$                            | x: 0 m<br>$\eta = 2.1$                     | x: 0 m<br>$\eta = 41.3$   | x: 0 m<br>$\eta = 10.3$ | $\eta = 8.4$            | $\eta = 0.5$            | $\eta < 0.1$                  | $\eta < 0.1$                  | x: 0 m<br>$\eta = 41.8$        | $\eta < 0.1$   | $\eta = 0.1$                   | $\eta = 4.4$   | $\eta = 0.5$                  |                               |              |                                |

Notación:  
 N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
 N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
 M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
 M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
 V<sub>y</sub>: Resistencia a corte y  
 V<sub>z</sub>: Resistencia a corte z  
 M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} : 0.49$  ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :** 1

**A :** 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub> :** 9048.18 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 25730.61 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 9048.18 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**E:** Módulo de elasticidad.

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**I<sub>y</sub> :** 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub> :** 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub> :** 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub> :** 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E :** 210000 MPa

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub> :** 2.142 m

**L<sub>kz</sub> :** 2.142 m

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub> :** 9.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**i<sub>y</sub> :** 8.54 cm

**i<sub>z</sub> :** 5.06 cm

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**18.89 ≤ 163.60** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**E:** Módulo de elasticidad.

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**h<sub>w</sub> :** 170.00 mm

**t<sub>w</sub> :** 9.00 mm

**A<sub>w</sub> :** 15.30 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub> :** 30.00 cm<sup>2</sup>

**k :** 0.30

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N411, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ . $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{16.28} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot \text{Uso forjados}$ . $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{41.78} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1738.90} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

Siendo:

$$\chi_z : \underline{0.85}$$

$$\phi_y : \underline{0.56}$$

$$\phi_z : \underline{0.69}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.49}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{9048.18} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{25730.61} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{9048.18} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.333} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H3.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{53.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{55.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)  
 No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.103 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 7.85 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 8.28 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 80.09 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.067 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 25.02 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 375.76 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 24.85 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  
 $t_w$ : Espesor del alma.

$h$  : 200.00 mm  
 $t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.89 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 5.18 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 949.60 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 170.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$25.02 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 25.02 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 375.76 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$5.18 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 5.18 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 949.60 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.358} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.349} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.234} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N418, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$ : 29.73 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$ : 53.60 kN·m

$M_{z,Ed}^-$ : 1.99 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase**: 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$ : 2045.48 kN

$M_{pl,Rd,y}$ : 168.27 kN·m

|   |  |
|---|--|
| $M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{pl,Rd,z}$ : <u>80.09</u> kN·m          |
| <b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)  |  |
| <b>A:</b> Área de la sección bruta.   | $A$ : <u>78.10</u> cm <sup>2</sup>         |
| $W_{pl,y}$ , $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.   | $W_{pl,y}$ : <u>642.50</u> cm <sup>3</sup> |
|   | $W_{pl,z}$ : <u>305.80</u> cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd}$ : <u>261.90</u> MPa               |
| Siendo:   |  |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa                  |
| $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M1}$ : <u>1.05</u>                |
| $k_y$ , $k_z$ : Coeficientes de interacción.  |  |
|   | $k_y$ : <u>1.00</u>                        |
|   | $k_z$ : <u>1.01</u>                        |
| $C_{m,y}$ , $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.   | $C_{m,y}$ : <u>1.00</u>                    |
|   | $C_{m,z}$ : <u>1.00</u>                    |
| $\chi_y$ , $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                       | $\chi_y$ : <u>0.97</u>                     |
|   | $\chi_z$ : <u>0.85</u>                     |
| $\bar{\lambda}_y$ , $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.    | $\bar{\lambda}_y$ : <u>0.29</u>            |
|   | $\bar{\lambda}_z$ : <u>0.49</u>            |
| $\alpha_y$ , $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.  | $\alpha_y$ : <u>0.60</u>                   |
|   | $\alpha_z$ : <u>0.60</u>                   |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

**25.02 kN ≤ 187.88 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$  : 25.02 kN  
 $V_{c,Rd,z}$  : 375.76 kN

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.01 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{5.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.061} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.83} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{375.72} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.18} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 949.18 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 949.60 \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : 0.17 \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 39.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

### Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.003 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N411, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 2.19 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : 702.54 \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : 78.10 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : 89.95 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 89.95 \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$k_{y,\theta} : 0.33$$

$$\gamma_{M,\theta} : 1.00$$

### Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.016 \checkmark$$

$\eta$  : 0.021 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 11.43 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 702.54 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 539.91 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.91

$\chi_z$  : 0.77

Siendo:

$\phi_y$  : 0.61

$\phi_z$  : 0.80

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.49

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

|  |                        |                            |
|--|------------------------|----------------------------|
|  | $\bar{\lambda}_y$ :    | <u>0.37</u>                |
|  | $\bar{\lambda}_z$ :    | <u>0.63</u>                |
| $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\lambda,\theta}$ : | <u>1.29</u>                |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                  | $N_{cr}$ :             | <u>9048.18</u> kN          |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                    | $N_{cr,y}$ :           | <u>25730.61</u> kN         |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                    | $N_{cr,z}$ :           | <u>9048.18</u> kN          |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  | $N_{cr,T}$ :           | <u><math>\infty</math></u> |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.413 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 9.81 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 23.84 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 57.80 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.103 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N418, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.084} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.89} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>89.95</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.33</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 14.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.  $\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 1.77 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 170.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$  : 0.33 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$10.89 \text{ kN} \leq 64.53 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 10.89 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 129.06 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.77 \text{ kN} \leq 163.08 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 1.77 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 326.15 kN**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.418} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.417} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N418, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

Donde:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  | $N_{t,Ed}$ : <u>0.35</u> kN       |
| $M_{y,Ed}$ , $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  | $M_{y,Ed}$ : <u>23.84</u> kN·m    |
|   | $M_{z,Ed}$ : <u>0.13</u> kN·m     |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>           |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.   | $N_{pl,Rd}$ : <u>702.54</u> kN    |
| $M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                       | $M_{pl,Rd,y}$ : <u>57.80</u> kN·m |
|   | $M_{pl,Rd,z}$ : <u>27.51</u> kN·m |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)   |                                   |
| $M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  | $M_{ef,Ed}$ : <u>-23.82</u> kN·m  |

Siendo:

|  |   |
|--|---|
| $\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.                                      | $\sigma_{com,Ed}$ : <u>37.07</u> MPa        |
| $W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. | $W_{y,com}$ : <u>642.50</u> cm <sup>3</sup> |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.   | <b>A</b> : <u>78.10</u> cm <sup>2</sup>     |
| $M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.  | $M_{b,Rd,y}$ : <u>57.80</u> kN·m            |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

**10.89 kN ≤ 64.53 kN** ✓

Donde:

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| $V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | $V_{Ed,z}$ : <u>10.89</u> kN    |
| $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | $V_{c,Rd,z}$ : <u>129.06</u> kN |

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. | $M_{T,Ed}$ : <u>0.00</u> kN·m |
|--|-------------------------------|

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 2.05 kN·m

Donde:

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.     | $W_T$ : <u>39.52</u> cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. | $f_{yd}$ : <u>89.95</u> MPa          |

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.33 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.044 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 5.67 kN $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por: $V_{pl,T,Rd}$  : 129.00 kN

Donde:

 $V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd}$  : 129.06 kN $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed}$  : 0.06 MPa

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup> $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.33 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.005 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 1.77 kN

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>T,Ed</sub>** : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>pl,T,Rd</sub>** : 326.01 kN

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>pl,Rd</sub>** : 326.15 kN

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

**τ<sub>T,Ed</sub>** : 0.06 MPa

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

**W<sub>T</sub>** : 39.52 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 89.95 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 89.95 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

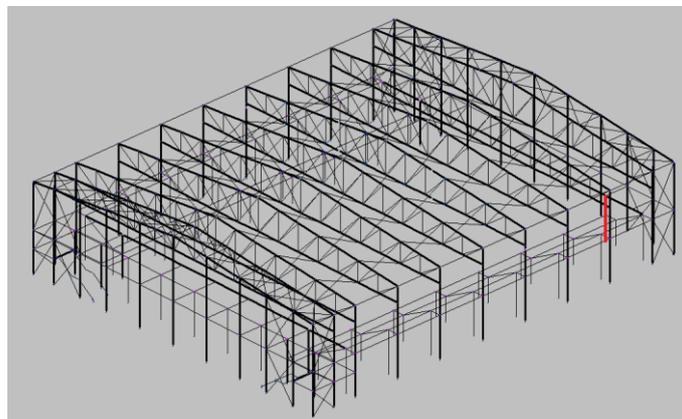
**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.33

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00



*Figura 63 Pilar soporte para el puente (y su simétrico).*

Barra N404/N431

| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N404  | N431  | 5.310        | 91.00                     | 8091.00  | 2843.00  | 76.57  |
| Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>k</sub>  |       | 5.310        | 5.310                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>i</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |       |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 147.41 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 690.5 °C<br>Pintura intumescente: 1.2 mm  |       |              |                           |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |   |                       |                   |                       |                               |                               |                                |  |   |  |   | Estado                    |                               |                               |
|--|--|--|---|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|--|---|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{w, \max}$                          | N <sub>t</sub>                                | N <sub>c</sub>        | M <sub>y</sub>    | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                           | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N404/N431  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$<br>Cumple | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 30.0    | x: 0 m<br>η = 4.5 | x: 5.31 m<br>η = 33.1 | η = 0.8                       | η = 1.1                       | η < 0.1                        | η < 0.1  | x: 5.31 m<br>η = 55.2                         | η < 0.1  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup>       | N.P. <sup>(3)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 55.2     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |  |  |   |                       |                   |                       |                               |                               |                                |  |   |  |   |                           |                               |                               |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |   |                       |                   |                       |                               |                               |                                |  |   |  |   | Estado                    |                               |                               |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                               | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>        | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 |                           |                               |                               |
| N404/N431  | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup>        | x: 0 m<br>η = 45.6                           | x: 0 m<br>η = 5.6                             | x: 5.31 m<br>η = 48.1 | η = 1.0           | η = 1.5               | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 5.31 m<br>η = 95.6          | η < 0.1  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup>  | N.P. <sup>(3)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>η = 95.6 |                               |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |  |  |   |                       |                   |                       |                               |                               |                                |  |   |  |   |                           |                               |                               |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |  |   |                       |                   |                       |                               |                               |                                |  |   |  |   |                           |                               |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.09 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 91.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 2089.81 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 5947.47 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 2089.81 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : <u>8091.00</u> cm <sup>4</sup>   |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : <u>2843.00</u> cm <sup>4</sup>   |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : <u>76.57</u> cm <sup>4</sup>     |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : <u>295400.00</u> cm <sup>6</sup> |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : <u>81000</u> MPa                             |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : <u>5.310</u> m                  |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : <u>5.310</u> m                  |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : <u>0.000</u> m                  |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : <u>10.96</u> cm                  |

Siendo:

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : <u>9.43</u> cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : <u>5.59</u> cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$19.79 \leq 163.18 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : <u>188.00</u> mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>9.50</u> mm                   |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : <u>17.86</u> cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>35.20</u> cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : <u>0.30</u>                                  |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa               |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.300} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N404, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{Usoforjados}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 348.89 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 2383.33 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 91.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>Mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 1161.38 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 91.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.81

**χ<sub>z</sub>** : 0.49

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 0.79

**φ<sub>z</sub>** : 1.32

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub>** : 0.34

**α<sub>z</sub>** : 0.49

**λ̄**: Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub>** : 0.65

**λ̄<sub>z</sub>** : 1.09

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** : 2089.81 kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 5947.47 kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 2089.81 kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.045 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N404, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 9.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N404, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 9.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 216.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 827.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.331 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 34.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 22.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 103.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 393.90 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.31} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{421.58} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$16.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{16.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 12.18 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 1105.96 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 73.14 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 91.00 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 188.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**3.31 kN ≤ 210.79 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 3.31 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 421.58 kN

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**12.18 kN ≤ 552.98 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 12.18 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 1105.96 kN

#### Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.326 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.331 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.552 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados+1.5·Usoescaleras.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 340.90 \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 0.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 18.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 2383.33 \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : 216.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 103.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : 91.00 \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : 827.00 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : 393.90 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.08$$

$$k_z : 1.41$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.81$$

$$\chi_z : 0.49$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.65$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.09$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$$12.18 \text{ kN} \leq 552.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : 12.18 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : 1105.96 \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.152} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.456} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N404, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{96.04} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{632.62} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 91.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 69.52 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub>** : 69.52 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub>** : 0.25

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{210.68} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 91.00 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 69.52 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 69.52 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.25

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :** 0.63

**χ<sub>z</sub> :** 0.33

Siendo:

**φ<sub>y</sub> :** 1.03

**φ<sub>z</sub> :** 1.85

**α:** Coeficiente de imperfección elástica. **α<sub>y</sub> :** 0.49

**α<sub>z</sub> :** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida. **λ̄<sub>y</sub> :** 0.86

**λ̄<sub>z</sub> :** 1.45

**k<sub>λ,θ</sub>:** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>λ,θ</sub> :** 1.32

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N<sub>cr</sub> :** 2089.81 kN

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N<sub>cr,y</sub> :** 5947.47 kN

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N<sub>cr,z</sub> :** 2089.81 kN

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N<sub>cr,T</sub> :** ∞

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.056 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N404, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>Ed</sub><sup>+</sup> :** 3.23 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N404, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>Ed</sub><sup>-</sup> :** 3.24 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub> :** 57.49 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

**W<sub>pl,y</sub> :** 827.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.481} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{13.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.10} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{111.90} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$16.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{16.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.48} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{293.56} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{188.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{69.52} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.10 \text{ kN} \leq 55.95 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.10} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{111.90} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$4.48 \text{ kN} \leq 146.78 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 4.48 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 293.56 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.575 ✓

$\eta$  : 0.554 ✓

$\eta$  : 0.956 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 59.85 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 13.16 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 632.62 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 57.49 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 27.38 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 91.00 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 827.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 393.90 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 69.52 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 69.52 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.25

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$  : 1.10

$$k_z : \underline{1.40}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.63}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.86}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.45}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$$4.48 \text{ kN} \leq 146.78 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{4.48} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{293.56} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

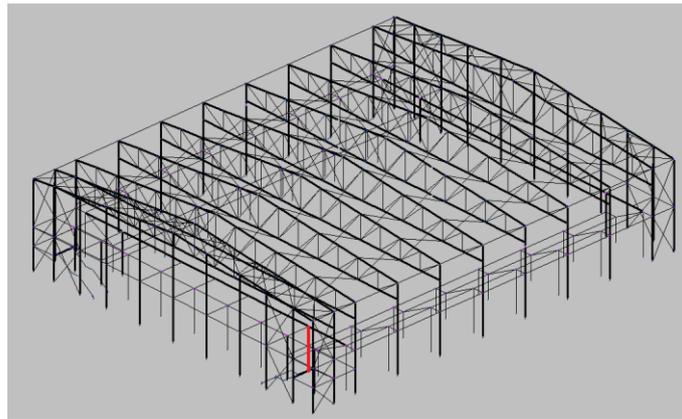


Figura 64 Pilar soporte para el puente de zona de aseos (y su simétrico).

Barra N393/N426

| Perfil: HE 200 B<br>Material: Acero (S275)  |                | Nudos                   |  | Longitud (m) | Características mecánicas                        |  |  |
|---|----------------|-------------------------|--|--------------|--|--|--|
| Inicial   | Final          | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |              | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |  |
| N393  | N426           | 2.250                   | 78.10  | 5696.00      | 2003.00  | 59.28  |  |
| Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme   |                |                         |  |              |  |  |  |
|   | Pandeo         |                         | Pandeo lateral                                   |              |  |  |  |
|   | Plano XY       | Plano XZ                | Ala sup.   | Ala inf.     |  |  |  |
|   | β              | 1.00                    | 1.00   | 0.00         | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>K</sub> | 2.250                   | 2.250  | 0.000        | 0.000  |  |  |
|   | C <sub>m</sub> | 1.000                   | 1.000  | 1.000        | 1.000  |  |  |
|   | C <sub>1</sub> | -                       |  | 1.000        |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |                |                         |  |              |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b><br>Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 156.97 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 659.5 °C<br>Pintura intumescente: 1.4 mm                            |                |                         |  |              |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |   |                      |                   |                       |                       |                               |                               |                                |   |                                |   |                               |                               |                               | Estado                    |
|---|--|---|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|   | λ̄   | λ <sub>w</sub>                                | N <sub>t</sub>       | N <sub>c</sub>    | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N393/N426   | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                   | λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,max</sub><br>Cumple | x: 2.25 m<br>η = 0.7 | x: 0 m<br>η = 7.8 | x: 2.25 m<br>η = 22.3 | x: 2.25 m<br>η = 36.0 | η = 4.9                       | η = 2.4                       | η < 0.1                        | η < 0.1                                       | x: 2.25 m<br>η = 54.5          | η < 0.1                                       | η = 0.2                       | η = 4.9                       | η = 2.4                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 54.5 |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |   |                      |                   |                       |                       |                               |                               |                                |   |                                |   |                               |                               |                               | Estado                    |
| N393/N426   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>       | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>        | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                               |                               |                           |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.  |  |   |                      |                   |                       |                       |                               |                               |                                |   |                                |   |                               |                               |                               |                           |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |   |                      |                   |                       |                       |                               |                               |                                |   |                                |   |                               |                               |                               |                           |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ̄ : **0.51** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 8200.40 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 23319.76 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 8200.40 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 2.250 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 2.250 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 9.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 8.54 cm

**i<sub>z</sub> :** 5.06 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**18.89 ≤ 163.60** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**h<sub>w</sub> :** 170.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 9.00 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>w</sub> :** 15.30 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>rc,ef</sub> :** 30.00 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{13.74} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N393, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{Usosforjados} + 1.5 \cdot \text{UsosGradas}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{133.46} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1710.81} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.96

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\chi_z$  : 0.84

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\phi_y$  : 0.56

$\phi_z$  : 0.71

$\alpha_y$  : 0.34

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}_y$  : 0.30

$\bar{\lambda}_z$  : 0.51

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 8200.40 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 23319.76 kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : 8200.40 kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.223 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 8.50 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 37.55 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 168.27 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.360} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{28.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{25.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{80.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{Uso forjados}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{18.30} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.89}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.63} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$18.30 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p<sup>s</sup>imo.

$V_{Ed}$  : 18.30 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de c3lculo.

$V_{c,Rd}$  : 375.76 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de c3lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p<sup>s</sup>imo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de c3lculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$22.63 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p<sup>s</sup>imos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p<sup>s</sup>imo.

$V_{Ed}$  : 22.63 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de c3lculo.

$V_{c,Rd}$  : 949.60 kN

**Resistencia a flexi3n y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.545 ✓

$\eta$  : 0.407 ✓

$\eta$  : 0.503 ✓

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p<sup>s</sup>imos se producen en el nudo N426, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p<sup>s</sup>imo.

$N_{c,Ed}$  : 83.67 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de c3lculo p<sup>s</sup>imos, seg3n los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$  : 24.15 kN·m

$M_{z,Ed}$  : 28.84 kN·m

**Clase**: Clase de la secci3n, seg3n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 2045.48 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 168.27 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 80.09 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

**A**: 3rea de la secci3n bruta.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de c3lculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacci3n.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.02}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.96}$$

$$\chi_z : \underline{0.84}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.30}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.51}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$$18.30 \text{ kN} \leq 187.85 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{18.30} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{375.69} \text{ kN}$$

### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{5.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{18.30} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{375.69} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.63} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{948.77} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.33} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N393, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{46.47} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{702.54} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{526.42} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.90$

$\chi_z : 0.75$

Siendo:

$\phi_y : 0.62$

$\phi_z : 0.83$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 0.39$

$\bar{\lambda}_z : 0.66$

$k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\alpha,\theta} : 1.29$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 8200.40 \text{ kN}$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 23319.76 \text{ kN}$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 8200.40 \text{ kN}$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.210$  ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 12.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 57.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 642.50 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 89.95 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 89.95 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.33$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.385} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{10.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{7.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.13} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.89}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.14} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$6.13 \text{ kN} \leq 64.53 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.13} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$8.14 \text{ kN} \leq 163.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.14} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.659} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.529} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.622} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{45.12} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{12.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{10.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{702.54} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{57.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.06}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.90}$$

$$\chi_z : \underline{0.75}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.39}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.66}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$$6.13 \text{ kN} \leq 64.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \underline{6.13} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{128.96} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{2.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 6.13$  kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : 0.00$  kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : 128.96$  kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : 129.06$  kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : 0.10$  MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 39.52$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 89.95$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 89.95$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.33$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.025$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 8.14$  kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : 0.01$  kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : 325.83$  kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : 326.15$  kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : 0.13$  MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 39.52$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 89.95$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

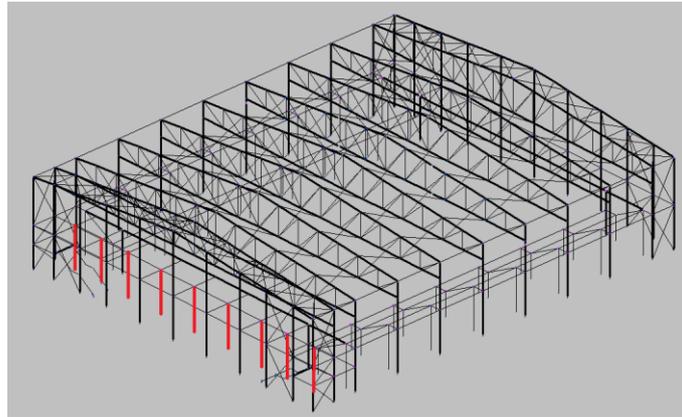


Figura 65 Pilares soporte para el puente de la zona de aseos.

Barra N461/N444

| Perfil: HE 200 B<br>Material: Acero (S275)   |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|--|--|----------|--------------|-------------------------|--|--|--|----------|----------|-------------------------|--|--|--|------|------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|-------|--|
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="3">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tr> <td>N461</td> <td>N444</td> <td>2.250</td> <td>78.10</td> <td>5696.00</td> <td>2003.00</td> <td>59.28</td> </tr> </table>  | Nudos    |              | Longitud (m)            | Características mecánicas                        |  |  | Inicial  | Final    | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | N461 | N444 | 2.250 | 78.10 | 5696.00 | 2003.00 | 59.28 |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | Nudos  |          | Longitud (m) |                         | Características mecánicas                        |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | Inicial  | Final    |              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | N461   | N444     | 2.250        | 78.10                   | 5696.00  | 2003.00  | 59.28  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | <p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p>   |          |              |                         |  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td><math>L_k</math></td> <td>2.250</td> <td>2.250</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td><math>C_m</math></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td><math>C_1</math></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </table> |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  | Plano XY   | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf.                | $\beta$  | 1.00   | 1.00   | 0.00 | 0.00 | $L_k$ | 2.250 | 2.250   | 0.000   | 0.000 | $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | $C_1$ | - |  | 1.000 |  |
|  |  |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  |  | Plano XY | Plano XZ     | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | $\beta$  | 1.00     | 1.00         | 0.00                    | 0.00   |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
|  | $L_k$  | 2.250    | 2.250        | 0.000                   | 0.000  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
| $C_m$  | 1.000  | 1.000    | 1.000        | 1.000                   |  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
| $C_1$  | -  |          | 1.000        |                         |  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
| <p>Notación:</p> <p><math>\beta</math>: Coeficiente de pandeo</p> <p><math>L_k</math>: Longitud de pandeo (m)</p> <p><math>C_m</math>: Coeficiente de momentos</p> <p><math>C_1</math>: Factor de modificación para el momento crítico</p> |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |
| <p><b>Situación de incendio</b></p> <p>Resistencia requerida: R 90</p> <p>Factor de forma: 156.97 m-1</p> <p>Temperatura máx. de la barra: 659.5 °C</p> <p>Pintura intumescente: 1.4 mm</p>  |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |                         |  |  |  |      |      |       |       |         |         |       |       |       |       |       |       |       |   |  |       |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |  |                         |                            |                         |              |              |                            |                     |                            |                     |              |                                | Estado       |                                |
|---|--|--|--|-------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|
|   | $\lambda$  | $\lambda_w$                                | $N_t$                                  | $N_c$                   | $M_y$                      | $M_z$                   | $V_z$        | $V_y$        | $M_y V_z$                  | $M_z V_y$           | $N M_y M_z$                | $N M_y M_z V_y V_z$ | $M_t$        | $M_t V_z$                      |              | $M_t V_y$                      |
| N461/N444   | $\lambda < 2.0$<br>Cumple                            | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$<br>Cumple | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 7.7$  | x: 2.25 m<br>$\eta = 20.0$ | x: 0 m<br>$\eta = 30.3$ | $\eta = 4.6$ | $\eta = 2.2$ | $\eta < 0.1$               | $\eta < 0.1$        | x: 2.25 m<br>$\eta = 35.0$ | $\eta < 0.1$        | $\eta = 0.3$ | $\eta = 2.2$                   | $\eta = 2.2$ | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 35.0$ |
| <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> |  |  |  |                         |                            |                         |              |              |                            |                     |                            |                     |              |                                |              |                                |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |  |                         |                            |                         |              |              |                            |                     |                            |                     |              |                                | Estado       |                                |
|   | $N_t$  | $N_c$                                      | $M_y$                                  | $M_z$                   | $V_z$                      | $V_y$                   | $M_y V_z$    | $M_z V_y$    | $N M_y M_z$                | $N M_y M_z V_y V_z$ | $M_t$                      | $M_t V_z$           | $M_t V_y$    |                                |              |                                |
| N461/N444   | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup>               | x: 0 m<br>$\eta = 6.6$                     | x: 2.25 m<br>$\eta = 13.6$             | x: 0 m<br>$\eta = 29.9$ | $\eta = 3.7$               | $\eta = 2.1$            | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 2.25 m<br>$\eta = 43.0$ | $\eta < 0.1$        | $\eta = 0.3$               | $\eta = 3.7$        | $\eta = 2.1$ | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 43.0$ |              |                                |
| <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> |  |  |  |                         |                            |                         |              |              |                            |                     |                            |                     |              |                                |              |                                |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>Y</sub> | M <sub>Z</sub> | V <sub>Z</sub> | V <sub>Y</sub> | M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> | NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> | NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.51 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 8200.40 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,Y</sub> :** 23319.76 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,Z</sub> :** 8200.40 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 2.250 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 2.250 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 9.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 8.54 cm

**i<sub>z</sub> :** 5.06 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$18.89 \leq 163.60$  ✓

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : <u>170.00</u> mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>9.00</u> mm                   |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : <u>15.30</u> cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>rc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>rc,ef</sub></b> : <u>30.00</u> cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : <u>0.30</u>                                  |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa               |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.064 ✓

$\eta$  : 0.077 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N461, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usosforjados+1.5·Usosgradas+1.5·Usosescaleras.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub>** : 131.48 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub>** : 2045.48 kN

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                   |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  | <b>A</b> : <u>78.10</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.  | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>      |

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub>** : 1710.81 kN

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | <b>A</b> : <u>78.10</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.                 | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>      |

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.96

Siendo:

**χ<sub>z</sub>** : 0.84

**ψ** : 0.56

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$\phi_z$  : 0.71

$\alpha_y$  : 0.34

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}_y$  : 0.30

$\bar{\lambda}_z$  : 0.51

$N_{cr}$  : 8200.40 kN

$N_{cr,y}$  : 23319.76 kN

$N_{cr,z}$  : 8200.40 kN

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.200 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N444, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 33.71 kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 168.27 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.303 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N461, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 22.06 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N461, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  
El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{Ed}$  : 24.23 kN·m

$M_{c,Rd}$  : 80.09 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.046 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 17.28 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 375.76 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 24.85 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 200.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.89 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.89

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{\text{máx}}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{\text{ref}}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{\text{Ed}}$  : 20.81 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{\text{c,Rd}}$  viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$  : 949.60 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 170.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{\text{Ed}}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{\text{c,Rd}}$ .

**17.28 kN ≤ 187.88 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{\text{Ed}}$  : 17.28 kN

$V_{\text{c,Rd}}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{\text{c,Rd}}$  : 375.76 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$20.81 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{20.81} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.350}$  ✓

$\eta : \underline{0.241}$  ✓

$\eta : \underline{0.332}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N444, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{29.85} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{9.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^+ : \underline{22.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** :  $\underline{1}$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{80.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** :  $\underline{78.10} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$

$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : \underline{1.00}$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.96}$$

$$\chi_z : \underline{0.84}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.30}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.51}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$$17.28 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{17.28} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{5.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.41} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{375.35} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.41} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{20.81} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{949.45} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.050 ✓

$\eta$  : 0.066 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N461, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 34.81 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 702.54 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 526.42 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

|  |   |
|--|---|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa               |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.            | $k_{y,\theta}$ : <u>0.33</u>            |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.   | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>       |
| $\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.  | $\chi_y$ : <u>0.90</u>                  |
|  | $\chi_z$ : <u>0.75</u>                  |
| Siendo:  | $\phi_y$ : <u>0.62</u>                  |
|  | $\phi_z$ : <u>0.83</u>                  |
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.   | $\alpha_y$ : <u>0.49</u>                |
|  | $\alpha_z$ : <u>0.49</u>                |
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.   | $\bar{\lambda}_y$ : <u>0.39</u>         |
|  | $\bar{\lambda}_z$ : <u>0.66</u>         |
| $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\lambda,\theta}$ : <u>1.29</u>      |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                  | $N_{cr}$ : <u>8200.40</u> kN            |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                    | $N_{cr,y}$ : <u>23319.76</u> kN         |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                    | $N_{cr,z}$ : <u>8200.40</u> kN          |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  | $N_{cr,T}$ : <u><math>\infty</math></u> |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.136 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N444, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 7.88 kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 57.80 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.33</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.299} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N461, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{6.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N461, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{8.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.80} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.89}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.94} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$4.80 \text{ kN} \leq 64.53 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.80} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$6.94 \text{ kN} \leq 163.08 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.94} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.430} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.334} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.404} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N444, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\underline{N_{c,Ed} : 26.67 \text{ kN}}$$

**M<sub>y,Ed</sub>**, **M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{y,Ed} : 7.17 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{z,Ed} : 7.38 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\underline{Clase : 1}$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\underline{N_{pl,Rd} : 702.54 \text{ kN}}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>**, **M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{pl,Rd,y} : 57.80 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{pl,Rd,z} : 27.51 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$\underline{A : 78.10 \text{ cm}^2}$$

**W<sub>pl,y</sub>**, **W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{W_{pl,y} : 642.50 \text{ cm}^3}$$

$$\underline{W_{pl,z} : 305.80 \text{ cm}^3}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\underline{f_{yd} : 89.95 \text{ MPa}}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\underline{f_{y,\theta} : 89.95 \text{ MPa}}$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\underline{f_y : 275.00 \text{ MPa}}$$

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\underline{k_{y,\theta} : 0.33}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\underline{\gamma_{M,\theta} : 1.00}$$

**k<sub>y</sub>**, **k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$\underline{k_y : 1.01}$$

$$\underline{k_z : 1.04}$$

**C<sub>m,y</sub>**, **C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\underline{C_{m,y} : 1.00}$$

$$\underline{C_{m,z} : 1.00}$$

**χ<sub>y</sub>**, **χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{\chi_y : 0.90}$$

$$\underline{\chi_z : 0.75}$$

$$\underline{\bar{\lambda}_y : 0.39}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

|                     |      |
|---------------------|------|
| $\bar{\lambda}_z$ : | 0.66 |
| $\alpha_y$ :        | 0.60 |
| $\alpha_z$ :        | 0.60 |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

**4.80 kN ≤ 64.46 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

|                |        |    |
|----------------|--------|----|
| $V_{Ed,z}$ :   | 4.80   | kN |
| $V_{c,Rd,z}$ : | 128.92 | kN |

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : **0.003** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.01 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 2.05 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.80} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{128.92} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{129.06} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.95} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.94} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{326.10} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{326.15} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 89.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.95 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

3.1.9.2 Vigas

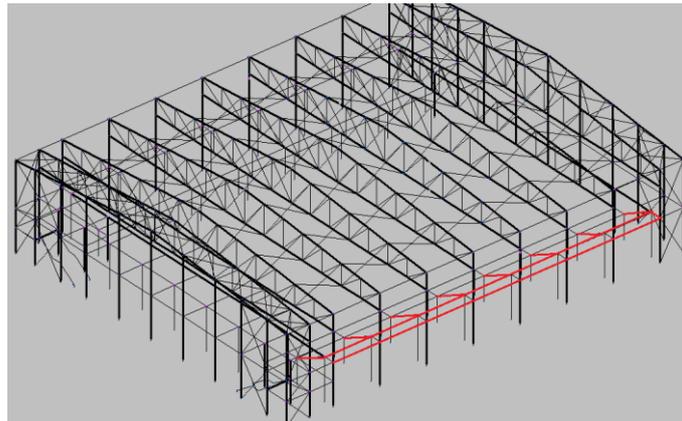


Figura 66 Vigas del graderío de la segunda planta (y sus simétricas).

Barra N467/N474

| Perfil: IPE 330   |  | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|---|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|   | Nudos  |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|   | Inicial  | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N467   | N474                   | 4.765                     | 62.60                   | 11770.00   | 788.00   | 28.20  |
|   | Notas:   |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|   |  |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |  |                        | Plano XY                  | Plano XZ                | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
|   | β  | 1.00                   | 1.00                      | 0.00                    | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>k</sub>                                       | 4.765                  | 4.765                     | 0.000                   | 0.000  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -  |                        | 1.000                     |                         |  |  |  |
| Notación:   |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| β: Coeficiente de pandeo  |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>                                    |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90                                     |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Factor de forma: 214.79 m <sup>-1</sup>                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 645.0 °C                          |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Pintura intumescente: 2.0 mm                                    |  |                        |                           |                         |  |  |  |

| COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   | Estado                         |                               |                                |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|--|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Barra  | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_{w}$                              | N <sub>t</sub>              | N <sub>c</sub>          | M <sub>y</sub>              | M <sub>z</sub>         | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>1</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>2</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>1</sub> M <sub>2</sub>                | NM <sub>1</sub> M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>1</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>1</sub> V <sub>y</sub> | Estado                         |
| N467/N474  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$<br>Cumple | x: 4.765 m<br>$\eta = 6.8$  | x: 0 m<br>$\eta = 26.8$ | x: 2.382 m<br>$\eta = 59.0$ | x: 0 m<br>$\eta = 3.5$ | x: 4.765 m<br>$\eta = 35.7$   | $\eta = 0.1$                  | $\eta < 0.1$                   | $\eta < 0.1$   | x: 2.085 m<br>$\eta = 59.5$                   | $\eta < 0.1$   | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>            | N.P. <sup>(2)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 59.5$ |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   | Estado                         |                               |                                |
| Barra  | N <sub>t</sub>                  | N <sub>c</sub>                             | M <sub>y</sub>              | M <sub>z</sub>          | V <sub>z</sub>              | V <sub>y</sub>         | M <sub>1</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>1</sub> M <sub>2</sub> | NM <sub>1</sub> M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>1</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>1</sub> V <sub>y</sub>                 | Estado                         |                               |                                |
| N467/N474  | x: 4.765 m<br>$\eta = 8.9$      | x: 0 m<br>$\eta = 52.1$                    | x: 2.085 m<br>$\eta = 63.3$ | x: 0 m<br>$\eta = 3.4$  | x: 4.765 m<br>$\eta = 38.5$ | $\eta = 0.1$           | $\eta < 0.1$                  | $\eta < 0.1$                  | x: 0 m<br>$\eta = 78.4$        | $\eta < 0.1$   | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>  | N.P. <sup>(2)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 78.4$ |                               |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| Notación:  |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción  |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión  |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>1</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| NM <sub>1</sub> M <sub>2</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| NM <sub>1</sub> M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>1</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| M <sub>1</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| x: Distancia al origen de la barra   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| N.P.: No procede   |                                 |  |                             |                         |                             |                        |                               |                               |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} : \underline{1.55} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\text{A} : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{719.40} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{10745.38} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{719.40} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\text{I}_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\text{I}_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{28.20} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\text{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$\text{G} : \underline{81000} \text{ MPa}$$

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\text{L}_{ky} : \underline{4.765} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\text{L}_{kz} : \underline{4.765} \text{ m}$$

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\text{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\text{i}_0 : \underline{14.16} \text{ cm}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\text{i}_y : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$\text{i}_z : \underline{3.55} \text{ cm}$$

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\text{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\text{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

$$\text{h}_w : \underline{307.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

$$\text{t}_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

$$\text{A}_w : \underline{23.03} \text{ cm}^2$$

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

$$\text{A}_{rc,ef} : \underline{18.40} \text{ cm}^2$$

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$\text{k} : \underline{0.30}$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\text{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$\text{f}_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.068} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N474, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{112.08} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.087} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.268} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{142.78} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 533.71 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.95

$\chi_z$  : 0.33

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\phi_y$  : 0.60

$\phi_z$  : 1.93

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\alpha_y$  : 0.21

$\alpha_z$  : 0.34

$\bar{\lambda}_y$  : 0.40

$\bar{\lambda}_z$  : 1.55

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr}$  : 719.40 kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,y}$  : 10745.38 kN

$N_{cr,z}$  : 719.40 kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.590 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.382 m del nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·UsoGradas.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 124.18 kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 210.57 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$  : 804.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.035 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 1.19 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 1.41 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 40.33 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 154.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.357 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N474, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·UsoGradas.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 166.27 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 465.77 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 30.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  $h$  : 330.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 7.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$36.13 < 64.71$  ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 36.13

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.  $\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.53 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 598.42 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 39.58 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 62.60 cm<sup>2</sup>

|   |   |
|---|---|
| <b>d</b> : Altura del alma.                               | <b>d</b> : <u>307.00</u> mm               |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                  | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>7.50</u> mm     |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero. | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>      |

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$155.13 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

|  |  |
|--|--|
| <b>V<sub>Ed</sub></b> : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | <b>V<sub>Ed</sub></b> : <u>155.13</u> kN   |
| <b>V<sub>c,Rd</sub></b> : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | <b>V<sub>c,Rd</sub></b> : <u>465.77</u> kN |

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$0.53 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

|  |  |
|--|--|
| <b>V<sub>Ed</sub></b> : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | <b>V<sub>Ed</sub></b> : <u>0.53</u> kN     |
| <b>V<sub>c,Rd</sub></b> : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | <b>V<sub>c,Rd</sub></b> : <u>598.42</u> kN |

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.594} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.595} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.389} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.085 m del nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·UsoGradas.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{20.72} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{122.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.05}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.40}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.55}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

$$155.13 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{155.13} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N474, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{55.51} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{624.07} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{99.69} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{99.69} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.36}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.105} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.521} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{65.29} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{624.07} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :**  $\frac{62.60}{}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :**  $\frac{99.69}{}$  MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :**  $\frac{99.69}{}$  MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :**  $\frac{275.00}{}$  MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :**  $\frac{0.36}{}$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :**  $\frac{1.00}{}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :**  $\frac{125.43}{}$  kN

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :**  $\frac{62.60}{}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :**  $\frac{99.69}{}$  MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :**  $\frac{99.69}{}$  MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :**  $\frac{275.00}{}$  MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :**  $\frac{0.36}{}$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :**  $\frac{1.00}{}$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :**  $\frac{0.84}{}$

**χ<sub>z</sub> :**  $\frac{0.20}{}$

Siendo:

**φ<sub>y</sub> :**  $\frac{0.71}{}$

**φ<sub>z</sub> :**  $\frac{2.88}{}$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica. **α<sub>y</sub> :**  $\frac{0.49}{}$

**α<sub>z</sub> :**  $\frac{0.49}{}$

**λ̄:** Esbeltez reducida. **λ̄<sub>y</sub> :**  $\frac{0.51}{}$

**λ̄<sub>z</sub> :**  $\frac{1.97}{}$

**k<sub>α,θ</sub>:** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>α,θ</sub> :**  $\frac{1.27}{}$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub> :**  $\frac{719.40}{}$  kN

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N<sub>cr,y</sub> :**  $\frac{10745.38}{}$  kN

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N<sub>cr,z</sub> :**  $\frac{719.40}{}$  kN

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N<sub>cr,T</sub> :**  $\frac{\infty}{}$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.633} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.085 m del nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{50.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{80.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{99.69} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{99.69} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.36}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{15.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 99.69 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 99.69 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.36

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.385 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N474, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 68.19 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 177.29 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 30.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 330.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 99.69 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 99.69 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.36

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**36.13 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 36.13

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.20 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 227.78 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 39.58 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 62.60 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 307.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 99.69 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 99.69 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.36

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$64.67 \text{ kN} \leq 88.65 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{64.67} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{177.29} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.20 \text{ kN} \leq 113.89 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{227.78} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.514} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.550} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.784} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{65.29} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{32.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{624.07} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{80.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{15.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,z} : 154.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 99.69 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 99.69 \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : 0.36$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : 1.00$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.04$$

$$k_z : 1.73$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.84$$

$$\chi_z : 0.20$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.51$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.97$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$$64.67 \text{ kN} \leq 88.65 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : 64.67 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : 177.29 \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



Figura 67 Vigas del graderío de la segunda planta. (y sus simétricas).

Barra N477/N350

| Perfil: HE 120 A  |   | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|---|---|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|   | Nudos   |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|   | Inicial   | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N477  | N350                   | 1.350                     | 25.30                   | 606.20   | 230.90   | 5.99   |
|   | Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|   |   |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |   |                        | Plano XY                  | Plano XZ                | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
|   | β   | 1.00                   | 1.00                      | 0.00                    | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>K</sub>  | 1.350                  | 1.350                     | 0.000                   | 0.000  |  |  |
|   | C <sub>m</sub>  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   | 1.000  |  |  |
|   | C <sub>1</sub>  | -                      |                           | 1.000                   |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b><br>Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 289.63 m <sup>-1</sup><br>Temperatura máx. de la barra: 657.5 °C<br>Pintura intumescente: 2.6 mm                |   |                        |                           |                         |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                    |                      |                       |                      |                    |                |                               |                               |                                |  |                |                               |                               | Estado                    |
|--|--|--|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_w$                                | N <sub>t</sub>     | N <sub>c</sub>       | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>       | V <sub>z</sub>     | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N477/N350  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | η = 10.3           | η = 15.4             | x: 1.35 m<br>η = 65.9 | x: 1.35 m<br>η = 5.5 | x: 0 m<br>η = 22.2 | η = 0.3        | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 1.35 m<br>η = 83.6          | η < 0.1  | η = 0.1        | x: 0 m<br>η = 10.2            | η = 0.3                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 83.6 |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                    |                      |                       |                      |                    |                |                               |                               |                                |  |                |                               |                               | Estado                    |
| N477/N350  | η = 10.6   | η = 13.6                                   | x: 0 m<br>η = 82.1 | x: 1.35 m<br>η = 6.6 | x: 0 m<br>η = 26.9    | η = 0.4              | η < 0.1            | η < 0.1        | x: 0 m<br>η = 96.1            | η < 0.1                       | η = 0.1                        | x: 0 m<br>η = 15.5   | η = 0.4        | <b>CUMPLE</b><br>η = 96.1     |                               |                           |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%) |  |  |                    |                      |                       |                      |                    |                |                               |                               |                                |  |                |                               |                               |                           |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.51 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 25.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 2625.88 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 6893.94 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 2625.88 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 606.20 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 230.90 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 5.99 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 6470.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.350 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.350 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 5.75 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 4.89 cm

**i<sub>z</sub> :** 3.02 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**19.60 ≤ 163.67** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**h<sub>w</sub> :** 98.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 5.00 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>w</sub> :** 4.90 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>rc,ef</sub> :** 9.60 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.103} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{68.13} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{662.62} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.129} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.154} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{85.39} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{662.62} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{553.10} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.96}$$

Siendo:

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\chi_z : \underline{0.83}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{0.57}$$

$$\phi_z : \underline{0.71}$$

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.32}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.51}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  
**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  
**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{2625.88} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{6893.94} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{2625.88} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.659} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{20.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{18.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{31.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{119.50} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{m0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.055 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.79 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.84 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 15.41 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 58.85 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{m0}$  : 1.05

### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.222 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N477, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 28.29 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 127.32 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 8.42 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 114.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{m0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.80 < 64.71**



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.80

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.98 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 308.47 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 20.40 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 25.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 98.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{m0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$28.29 \text{ kN} \leq 63.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{28.29} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{127.32} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.98 \text{ kN} \leq 154.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.98} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{308.47} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.836} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.835} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.608} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N350, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{85.39} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{20.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{662.62} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{31.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

|   |   |
|---|---|
| $M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. | $M_{pl,Rd,z} : \underline{15.41}$ kN·m          |
| <b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)  |   |
| <b>A:</b> Área de la sección bruta.   | $A : \underline{25.30}$ cm <sup>2</sup>         |
| $W_{pl,y}$ , $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.   | $W_{pl,y} : \underline{119.50}$ cm <sup>3</sup> |
|   | $W_{pl,z} : \underline{58.85}$ cm <sup>3</sup>  |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd} : \underline{261.90}$ MPa               |
| Siendo:   |   |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa                  |
| $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$                |
| $k_y$ , $k_z$ : Coeficientes de interacción.  |   |
|   | $k_y : \underline{1.02}$                        |
|   | $k_z : \underline{1.07}$                        |
| $C_{m,y}$ , $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.   | $C_{m,y} : \underline{1.00}$                    |
|   | $C_{m,z} : \underline{1.00}$                    |
| $\chi_y$ , $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                       | $\chi_y : \underline{0.96}$                     |
|   | $\chi_z : \underline{0.83}$                     |
| $\bar{\lambda}_y$ , $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.    | $\bar{\lambda}_y : \underline{0.32}$            |
|   | $\bar{\lambda}_z : \underline{0.51}$            |
| $\alpha_y$ , $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.  | $\alpha_y : \underline{0.60}$                   |
|   | $\alpha_z : \underline{0.60}$                   |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3.

$28.29 \text{ kN} \leq 63.66 \text{ kN}$  ✓

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Donde:  |                                      |
| $V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | $V_{Ed,z} : \underline{28.29}$ kN    |
| $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | $V_{c,Rd,z} : \underline{127.32}$ kN |

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.001}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2.

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. | $M_{T,Ed} : \underline{0.00}$ kN·m |
|--|------------------------------------|

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{7.49} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.102} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N477, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{13.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{127.25} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{127.32} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.21} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{7.49} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.98} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{308.30} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{308.47} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.21} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{7.49} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.106} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{24.50} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{231.30} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{91.42} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{91.42} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.102} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.136} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 23.48 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 231.30 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 25.30 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 91.42 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 91.42 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 172.94 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 25.30 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 91.42 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 91.42 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.89

$\chi_z$  : 0.75

Siendo:

$\phi_y$  : 0.63

$\phi_z$  : 0.83

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.49

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  : 0.41

|  |   |
|--|---|
| $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $\bar{\lambda}_z$ : <u>0.66</u>         |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                  | $k_{\lambda,\theta}$ : <u>1.29</u>      |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                    | $N_{cr}$ : <u>2625.88</u> kN            |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                    | $N_{cr,y}$ : <u>6893.94</u> kN          |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  | $N_{cr,z}$ : <u>2625.88</u> kN          |
|  | $N_{cr,T}$ : <u><math>\infty</math></u> |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.821 ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N477, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 8.97 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 10.93 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 119.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 91.42 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 91.42 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.066 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{5.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{58.85} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{91.42} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{91.42} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.269} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N477, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{11.96} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{44.44} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{8.42} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{114.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{91.42} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{91.42} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.33

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.80 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.80

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.42 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 107.68 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 20.40 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 25.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 98.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 91.42 MPa

Siendo:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>91.42</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.33</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**11.96 kN ≤ 22.22 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 11.96 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 44.44 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**0.42 kN ≤ 53.84 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.42 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 107.68 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.933 ✓

$\eta$  : 0.961 ✓

$\eta$  : 0.651 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N477, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

Donde:

|   |   |
|---|---|
| $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  | $N_{c,Ed} : 23.48$ kN                                   |
| $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.   | $M_{y,Ed} : 8.97$ kN·m<br>$M_{z,Ed} : 0.05$ kN·m        |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                                 |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd} : 231.30$ kN                                 |
| $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                          | $M_{pl,Rd,y} : 10.93$ kN·m<br>$M_{pl,Rd,z} : 5.38$ kN·m |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

|  |   |
|--|---|
| $A$ : Área de la sección bruta.  | $A : 25.30$ cm <sup>2</sup>   |
| $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. | $W_{pl,y} : 119.50$ cm <sup>3</sup><br>$W_{pl,z} : 58.85$ cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.   | $f_{yd} : 91.42$ MPa  |

Siendo:

|  |                            |
|--|----------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. | $f_{y,\theta} : 91.42$ MPa |
|--|----------------------------|

|   |                       |
|---|-----------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : 275.00$ MPa    |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : 0.33$ |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M,\theta} : 1.00$ |
|--|----------------------------|

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.02$$

$$k_z : 1.10$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.89$$

$$\chi_z : 0.75$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.41$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.66$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$$11.96 \text{ kN} \leq 22.22 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z} : \underline{11.96} \text{ kN}$   
 $V_{c,Rd,z} : \underline{44.44} \text{ kN}$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.001} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd} : \underline{0.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T : \underline{7.49} \text{ cm}^3$   
 $f_{yd} : \underline{91.42} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{91.42} \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.155} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N477, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{6.86} \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{44.42} \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd} : \underline{44.44} \text{ kN}$   
 $\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$

Siendo:  
 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 7.49 \text{ cm}^3$   
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 91.42 \text{ MPa}$

Siendo:  
 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 91.42 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00 \text{ MPa}$   
 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.33$   
 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.004$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.42 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : 107.62 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : 107.68 \text{ kN}$   
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : 0.07 \text{ MPa}$

Siendo:  
 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 7.49 \text{ cm}^3$   
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 91.42 \text{ MPa}$

Siendo:  
 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 91.42 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00 \text{ MPa}$   
 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.33$   
 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

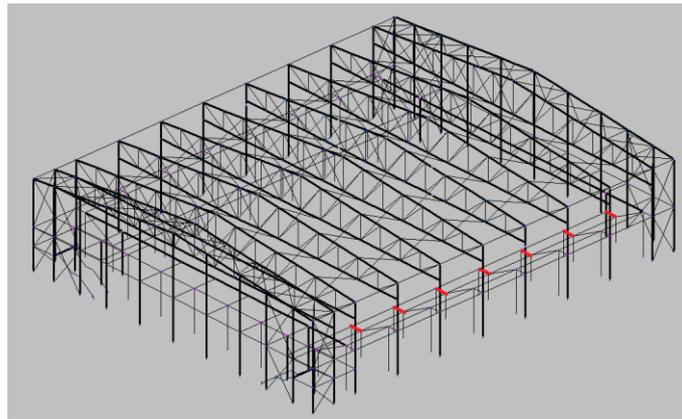


Figura 68 Vigas del graderío (y sus simétricas).

Barra N455/N467

| Perfil: HE 120 A  |                | Material: Acero (S275)  |  | Nudos  |  | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |
|---|----------------|-------------------------|--|--|--|--------------|---------------------------|--|--|
| Inicial   | Final          | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |              |                           |  |  |
| N455  | N467           | 1.450                   | 25.30  | 606.20   | 230.90   | 5.99         |                           |  |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |                |                         |  |  |  |              |                           |  |  |
|   | Pandeo         |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |              |                           |  |  |
|   | Plano XY       |                         | Plano XZ   |  | Ala sup.   |              | Ala inf.                  |  |  |
|   | β              | 1.00                    | 1.00   | 0.00   | 0.00   |              |                           |  |  |
|   | L <sub>K</sub> | 1.450                   | 1.450  | 0.000  | 0.000  |              |                           |  |  |
|   | C <sub>m</sub> | 1.000                   | 1.000  | 1.000  | 1.000  |              |                           |  |  |
|   | C <sub>1</sub> | -                       |  | 1.000  |  |              |                           |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |                |                         |  |  |  |              |                           |  |  |
| <b>Situación de incendio</b><br>Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 289.63 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 632.0 °C<br>Pintura intumescente: 2.8 mm                            |                |                         |  |  |  |              |                           |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |   |                       |                       |                       |                       |                               |                               |                                |   |   |   |   | Estado                    |                               |                               |
|---|--|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|   | λ̄   | λ <sub>w</sub>                                | N <sub>t</sub>        | N <sub>c</sub>        | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                           | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N455/N467   | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                   | λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,máx</sub><br>Cumple | η = 3.8               | η = 4.0               | x: 1.45 m<br>η = 64.6 | x: 1.45 m<br>η = 11.9 | x: 1.45 m<br>η = 20.8         | η = 0.8                       | η < 0.1                        | η < 0.1                                       | x: 1.45 m<br>η = 70.1                         | η < 0.1                                       | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>       | N.P. <sup>(2)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 70.1     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |   |                       |                       |                       |                       |                               |                               |                                |   |   |   |   |                           |                               |                               |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |   |                       |                       |                       |                       |                               |                               |                                |   |   |   |   | Estado                    |                               |                               |
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>        | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 |                           |                               |                               |
| N455/N467   | η = 4.0  | η = 1.7                                       | x: 1.45 m<br>η = 81.9 | x: 1.45 m<br>η = 10.9 | x: 1.45 m<br>η = 25.6 | η = 0.7               | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 1.45 m<br>η = 91.5          | η < 0.1                                       | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>                           | N.P. <sup>(2)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>η = 91.5 |                               |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |   |                       |                       |                       |                       |                               |                               |                                |   |   |   |   |                           |                               |                               |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |   |                       |                       |                       |                       |                               |                               |                                |   |   |   |   |                           |                               |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ̄ : 0.55 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 25.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 2276.18 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 5975.84 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 2276.18 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 606.20 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 230.90 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 5.99 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 6470.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.450 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.450 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 5.75 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 4.89 cm

**i<sub>z</sub> :** 3.02 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**19.60 ≤ 163.67** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**h<sub>w</sub> :** 98.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 5.00 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>w</sub> :** 4.90 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>rc,ef</sub> :** 9.60 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{25.22} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{662.62} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{21.52} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{662.62} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : 538.68 \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : 25.30 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : 0.95$$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\chi_z : 0.81$$

$$\phi_y : 0.58$$

$$\phi_z : 0.74$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\alpha_y : 0.34$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.55$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  
 $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  
 $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : 2276.18 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 5975.84 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 2276.18 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.646 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 5.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·UsoGradas.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 20.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 31.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 119.50 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$  : 1.05

#### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

#### Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.119 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 1.83 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 1.47 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 15.41 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 58.85 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$  : 1.05

#### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.208 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 26.43 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 127.32 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 8.42 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 114.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 5.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>mo</sub>** : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.80 < 64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 14.80

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 64.71

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.92

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**η** : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 2.42 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>** : 308.47 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 20.40 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 25.30 cm<sup>2</sup>

**d**: Altura del alma.

**d** : 98.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 5.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**26.05 kN ≤ 63.66 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 26.05 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 127.32 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**2.42 kN ≤ 154.24 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 2.42 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 308.47 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.701 ✓

$\eta$  : 0.634 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N467, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 24.59 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^-$  : 18.81 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.97 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$  : 662.62 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 31.30 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 15.41 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed}$  : -17.88 kN·m

Siendo:

 $\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed}$  : 149.60 MPa $W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $W_{y,com}$  : 119.50 cm<sup>3</sup> $A$ : Área de la sección bruta. $A$  : 25.30 cm<sup>2</sup> $M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo. $M_{b,Rd,y}$  : 31.30 kN·m**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

 $26.05 \text{ kN} \leq 63.66 \text{ kN}$  ✓

Donde:

 $V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$  : 26.05 kN $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$  : 127.32 kN**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.040 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$  : 10.90 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

 $N_{t,Rd}$  : 273.78 kN

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra. $A$  : 25.30 cm<sup>2</sup> $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$  : 108.21 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$  : 108.21 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.39</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.012 ✓

$\eta$  : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5-V(180°)H3.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 3.35 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 273.78 kN

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                   |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  | <b>A</b> : <u>25.30</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.  | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>108.21</u> MPa |

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 108.21 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.39</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 198.80 kN

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | <b>A</b> : <u>25.30</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.                 | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>108.21</u> MPa |

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 108.21 MPa

|  |   |
|--|---|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa               |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.            | $k_{y,\theta}$ : <u>0.39</u>            |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.   | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>       |
| $\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.  | $\chi_y$ : <u>0.88</u>                  |
|  | $\chi_z$ : <u>0.73</u>                  |
| Siendo:  | $\phi_y$ : <u>0.65</u>                  |
|  | $\phi_z$ : <u>0.87</u>                  |
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.   | $\alpha_y$ : <u>0.49</u>                |
|  | $\alpha_z$ : <u>0.49</u>                |
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.   | $\bar{\lambda}_y$ : <u>0.43</u>         |
|  | $\bar{\lambda}_z$ : <u>0.70</u>         |
| $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\lambda,\theta}$ : <u>1.26</u>      |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                  | $N_{cr}$ : <u>2276.18</u> kN            |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                    | $N_{cr,y}$ : <u>5975.84</u> kN          |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                    | $N_{cr,z}$ : <u>2276.18</u> kN          |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  | $N_{cr,T}$ : <u><math>\infty</math></u> |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.819 ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 10.59 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 12.93 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 119.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 108.21 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 108.21 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.39</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.109} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{6.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z}$  : 58.85 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 108.21 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 108.21 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.39

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.256} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{13.44} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{52.61} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{8.42} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{114.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{108.21} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{108.21} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.80 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.80}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.94} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{127.45} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{20.40} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{108.21} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{108.21} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.39}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$13.16 \text{ kN} \leq 26.30 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{13.16} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{52.61} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.94 \text{ kN} \leq 63.73 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.94} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{127.45} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.915} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.844} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N467, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

Donde:

|   |  |
|---|--|
| <b>N<sub>t,Ed</sub></b> : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.   | <b>N<sub>t,Ed</sub></b> : <u>10.69</u> kN  |
| <b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.                                | <b>M<sub>y,Ed</sub></b> : <u>10.49</u> kN·m<br><b>M<sub>z,Ed</sub></b> <sup>+</sup> : <u>0.41</u> kN·m |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>  |
| <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a tracción.  | <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>273.78</u> kN  |
| <b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.     | <b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>12.93</u> kN·m<br><b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>6.37</u> kN·m        |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)   |  |
| <b>M<sub>ef,Ed</sub></b> : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.   | <b>M<sub>ef,Ed</sub></b> : <u>-10.08</u> kN·m  |

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| <b>σ<sub>com,Ed</sub></b> : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.   | <b>σ<sub>com,Ed</sub></b> : <u>84.38</u> MPa             |
| <b>W<sub>y,com</sub></b> : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. | <b>W<sub>y,com</sub></b> : <u>119.50</u> cm <sup>3</sup> |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>25.30</u> cm <sup>2</sup>                  |
| <b>M<sub>b,Rd,y</sub></b> : Momento flector resistente de cálculo.  | <b>M<sub>b,Rd,y</sub></b> : <u>12.93</u> kN·m            |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$$13.16 \text{ kN} \leq 26.30 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>V<sub>Ed,z</sub></b> : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | <b>V<sub>Ed,z</sub></b> : <u>13.16</u> kN   |
| <b>V<sub>c,Rd,z</sub></b> : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | <b>V<sub>c,Rd,z</sub></b> : <u>52.61</u> kN |

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

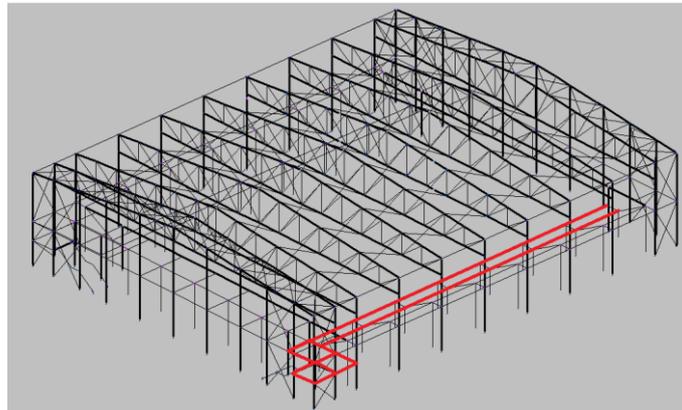


Figura 69 Vigas de la primera planta (y sus simétricas).

Barra N362/N498

| Perfil: IPE 330   |  | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|---|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|   | Nudos  |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|   | Inicial  | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N362   | N498                   | 5.550                     | 62.60                   | 11770.00   | 788.00   | 28.20  |
|   | Notas:   |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|   |  |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |  |                        | Plano XY                  | Plano XZ                | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
|   | β  | 1.00                   | 1.00                      | 0.00                    | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>k</sub>                                       | 5.550                  | 5.550                     | 0.000                   | 0.000  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -  |                        | 1.000                     |                         |  |  |  |
| Notación:   |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| β: Coeficiente de pandeo  |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>                                    |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90                                     |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Factor de forma: 214.79 m-1                                     |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 680.5 °C                          |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Pintura intumescente: 1.8 mm                                    |  |                        |                           |                         |  |  |  |

| COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                                 |  |                             |                           |                             |                           |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                                |                               |                                |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Barra  | $\bar{\lambda}$                 | $\bar{\lambda}_{w}$                                    | N <sub>t</sub>              | N <sub>c</sub>            | M <sub>v</sub>              | M <sub>z</sub>            | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>v</sub> V <sub>y</sub> | Estado                         |
| N362/N498  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\bar{\lambda}_w \leq \bar{\lambda}_{w,max}$<br>Cumple | $\eta = 3.3$                | $\eta = 15.8$             | x: 2.775 m<br>$\eta = 17.8$ | x: 5.55 m<br>$\eta = 2.2$ | x: 0 m<br>$\eta = 9.9$        | $\eta < 0.1$                  | $\eta < 0.1$                   | $\eta < 0.1$   | x: 0.347 m<br>$\eta = 21.0$    | $\eta < 0.1$   | $\eta = 0.1$                  | x: 0 m<br>$\eta = 10.0$        | $\eta < 0.1$                  | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 21.0$ |
| COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                                 |  |                             |                           |                             |                           |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                                |                               |                                |
| Barra  | N <sub>t</sub>                  | N <sub>c</sub>   | M <sub>v</sub>              | M <sub>z</sub>            | V <sub>z</sub>              | V <sub>y</sub>            | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>v</sub> V <sub>y</sub> | Estado                         |                               |                                |
| N362/N498  | $\eta = 2.8$                    | $\eta = 34.7$  | x: 2.775 m<br>$\eta = 15.0$ | x: 5.55 m<br>$\eta = 2.8$ | x: 0 m<br>$\eta = 7.9$      | $\eta < 0.1$              | $\eta < 0.1$                  | $\eta < 0.1$                  | x: 0 m<br>$\eta = 45.0$        | $\eta < 0.1$   | $\eta = 0.2$                   | x: 0 m<br>$\eta = 7.9$                                       | $\eta < 0.1$                  | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 45.0$ |                               |                                |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | V <sub>z</sub> | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%) |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.80 ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 3

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 530.22 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 7919.71 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 530.22 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 11770.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 788.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 28.20 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 199000.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 5.550 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 5.550 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>o</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 14.16 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub>** , **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 13.71 cm

**i<sub>z</sub>** : 3.55 cm

**y<sub>o</sub>** , **z<sub>o</sub>**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{rc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \frac{307.00}{\text{mm}}$$

$$t_w : \frac{7.50}{\text{mm}}$$

$$A_w : \frac{23.03}{\text{cm}^2}$$

$$A_{rc,ef} : \frac{18.40}{\text{cm}^2}$$

$$k : \frac{0.30}{\text{cm}^2}$$

$$E : \frac{210000}{\text{MPa}}$$

$$f_{yf} : \frac{275.00}{\text{MPa}}$$

### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{53.75} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \frac{62.60}{\text{cm}^2}$$

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\text{MPa}}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \frac{275.00}{\text{MPa}}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.158} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{65.13} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : 1639.52 \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : 3$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : 62.60 \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : 412.51 \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : 62.60 \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : 0.93$$

Siendo:

$$\chi_z : 0.25$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\phi_y : 0.64$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\phi_z : 2.40$$

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.47$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.80$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 530.22 \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 7919.71 \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 530.22 \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.178 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.775 m del nudo N362, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesograsas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usosforjados+1.5·Usograsas.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 37.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 210.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub> :** 804.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.022 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N498, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup> :** 0.79 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N498, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup> :** 0.88 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub> :** 40.33 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

**W<sub>pl,z</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub> :** 154.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.099 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N362, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usosforjados+1.5·Usosgradas+1.5·Usosescaleras.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub> :** 46.33 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub> :** 465.77 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>:** Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub> :** 30.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h**: Canto de la sección.  
**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**h** : 330.00 mm  
**t<sub>w</sub>** : 7.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>mo</sub>** : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**36.13 < 64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 36.13

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 64.71

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.92

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.  
**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa  
**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**η < 0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.22 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>** : 598.42 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 39.58 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.  
**d**: Altura del alma.  
**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>  
**d** : 307.00 mm  
**t<sub>w</sub>** : 7.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$46.33 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas+1.5·Usoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 46.33 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : 465.77 \text{ kN}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.22 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.22 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : 598.42 \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.100$  ✓

$\eta : 0.105$  ✓

$\eta : 0.210$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.347 m del nudo N362, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : 64.90 \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed} : 8.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} : 0.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 3

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd} : 1639.52 \text{ kN}$

$M_{el,Rd,y}$ ,  $M_{el,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{el,Rd,y} : 186.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{el,Rd,z} : 25.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$W_{el,y}$ ,  $W_{el,z}$ : Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{el,y} : 713.33 \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : 98.50 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \frac{275.00}{1.05} \text{ MPa}$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.01$$

$$k_z : 1.09$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.93$$

$$\chi_z : 0.25$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.47$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.80$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.80$$

$$\alpha_z : 1.00$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usosforjados+1.5·Usogradas+1.5·Usoescaleras.

$$46.33 \text{ kN} \leq 232.75 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : 46.33 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : 465.50 \text{ kN}$$

### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usosforjados.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 3.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 24.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.100} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N362, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usosforjados+1.5·Usogradas+1.5·Usosescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{46.33} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{465.50} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.22} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{598.33} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{13.30} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{475.57} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.347} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{24.21} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{475.57} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta} : \underline{75.97}$ MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.28}$      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{69.74}$  kN

Donde:

|  |   |
|--|---|
| $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | $A : \underline{62.60}$ cm <sup>2</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.                         | $f_{yd} : \underline{75.97}$ MPa        |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. | $f_{y,\theta} : \underline{75.97}$ MPa |
|--|--|

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa    |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.28}$ |

|  |  |
|--|--|
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |
|--|--|

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{0.78}$

$\chi_z : \underline{0.15}$

Siendo:

$\phi_y : \underline{0.79}$

$\phi_z : \underline{3.82}$

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica. | $\alpha_y : \underline{0.49}$ |
|--|-------------------------------|

$\alpha_z : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.61}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{2.36}$

|   |  |
|---|--|
| $k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\alpha,\theta} : \underline{1.31}$ |
|---|--|

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : \underline{530.22}$  kN

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. | $N_{cr,y} : \underline{7919.71}$ kN |
|---|-------------------------------------|

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. | $N_{cr,z} : \underline{530.22}$ kN |
|---|------------------------------------|

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión. | $N_{cr,T} : \underline{\infty}$ |
|---|---------------------------------|

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.150}$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.775 m del nudo N362, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{9.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{61.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N498, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N498, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{11.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.28</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.079} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N362, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{10.73} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{135.10} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{30.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$h : \text{Canto de la sección.} \quad h : \underline{330.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{y,\theta} : \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$k_{y,\theta} : \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$$\gamma_{M,\theta} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w : \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{36.13}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.08} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{173.58} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{307.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$10.73 \text{ kN} \leq 67.55 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 10.73$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 135.10$  kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.08 \text{ kN} \leq 86.79 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.08$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 173.58$  kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.199$  ✓

$\eta : 0.215$  ✓

$\eta : 0.450$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N362, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 24.21$  kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^- : 8.19$  kN·m

$M_{z,Ed}^+ : 0.16$  kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : 475.57$  kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : 61.08$  kN·m

$M_{pl,Rd,z} : 11.70$  kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : 804.00$  cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z} : 154.00$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 75.97$  MPa

Siendo:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  | $f_{y,\theta}$ : <u>75.97</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.                                       | $k_{y,\theta}$ : <u>0.28</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |
| $k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.   | $k_y$ : <u>1.03</u>               |
|   | $k_z$ : <u>1.49</u>               |
| $C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y}$ : <u>1.00</u>           |
|   | $C_{m,z}$ : <u>1.00</u>           |
| $\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                    | $\chi_y$ : <u>0.78</u>            |
|   | $\chi_z$ : <u>0.15</u>            |
| $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. | $\bar{\lambda}_y$ : <u>0.61</u>   |
|   | $\bar{\lambda}_z$ : <u>2.36</u>   |
| $\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y$ : <u>0.60</u>          |
|   | $\alpha_z$ : <u>0.60</u>          |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

**10.73 kN ≤ 67.53 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$  : 10.73 kN  
 $V_{c,Rd,z}$  : 135.05 kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 1.08 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.28

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.079 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N362, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 10.73 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 135.05 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$  : 135.10 kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$  : 0.04 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.28

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.08} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{173.56} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{173.58} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

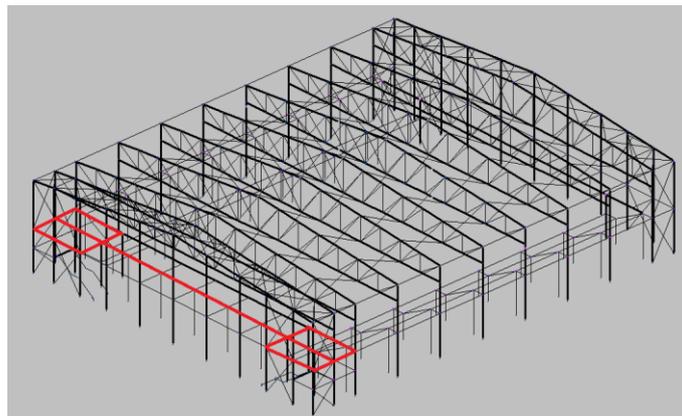


Figura 70 Vigas de la zona puente con aseos de la segunda planta.

Barra N441/N429

| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N441  | N429  | 5.000        | 62.60                     | 11770.00   | 788.00   | 28.20  |
| Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>k</sub>  |       | 5.000        | 5.000                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>i</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |       |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 214.79 m <sup>-1</sup><br>Temperatura máx. de la barra: 680.5 °C<br>Pintura intumescente: 1.8 mm  |       |              |                           |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                      |                   |                      |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               | Estado                    |
|--|--|--|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_w$                                | N <sub>t</sub>       | N <sub>c</sub>    | M <sub>y</sub>       | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N441/N429  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | η = 1.6              | η = 5.9           | x: 2.5 m<br>η = 25.9 | x: 5 m<br>η = 3.2 | x: 5 m<br>η = 16.7            | η = 0.1                       | η < 0.1                        | η < 0.1  | x: 2.5 m<br>η = 26.9           | η < 0.1  | η = 0.2                       | x: 5 m<br>η = 16.7            | η = 0.1                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 26.9 |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                      |                   |                      |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               | Estado                    |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                             | M <sub>y</sub>       | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>       | V <sub>y</sub>    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                               |                               |                           |
| N441/N429  | η = 2.6  | η = 4.5                                    | x: 2.5 m<br>η = 18.0 | x: 5 m<br>η = 3.3 | x: 5 m<br>η = 12.0   | η = 0.1           | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 2.5 m<br>η = 20.8           | η < 0.1  | η = 0.1                        | x: 5 m<br>η = 12.0   | η = 0.1                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 20.8     |                               |                           |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%) |  |  |                      |                   |                      |                   |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                               |                           |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.62 ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 3

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 653.29 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 9757.88 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 653.29 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,t</sub>** : ∞

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : <u>11770.00</u> cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : <u>788.00</u> cm <sup>4</sup>    |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : <u>28.20</u> cm <sup>4</sup>     |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : <u>199000.00</u> cm <sup>6</sup> |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : <u>81000</u> MPa                             |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : <u>5.000</u> m                  |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : <u>5.000</u> m                  |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : <u>0.000</u> m                  |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : <u>14.16</u> cm                  |

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : <u>13.71</u> cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : <u>3.55</u> cm  |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm  |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm  |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : <u>307.00</u> mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>7.50</u> mm                   |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : <u>23.03</u> cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>18.40</u> cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : <u>0.30</u>                                  |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa               |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{26.45} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** :  $\frac{62.60}{\text{cm}^2}$   
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** :  $\frac{261.90}{\text{MPa}}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** :  $\frac{275.00}{\text{MPa}}$   
**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>mo</sub>** :  $\frac{1.05}{\text{MPa}}$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

**η** :  $\frac{0.018}{\text{✓}}$

**η** :  $\frac{0.059}{\text{✓}}$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub>** :  $\frac{29.24}{\text{kN}}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub>** :  $\frac{1639.52}{\text{kN}}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** :  $\frac{3}{\text{---}}$   
**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** :  $\frac{62.60}{\text{cm}^2}$   
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** :  $\frac{261.90}{\text{MPa}}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** :  $\frac{275.00}{\text{MPa}}$   
**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>mo</sub>** :  $\frac{1.05}{\text{MPa}}$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub>** :  $\frac{492.79}{\text{kN}}$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** :  $\frac{62.60}{\text{cm}^2}$   
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** :  $\frac{261.90}{\text{MPa}}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** :  $\frac{275.00}{\text{MPa}}$   
**γ<sub>m1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>m1</sub>** :  $\frac{1.05}{\text{MPa}}$

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>v</sub>** :  $\frac{0.95}{\text{---}}$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\chi_z : 0.30$$

$$\phi_y : 0.61$$

$$\phi_z : 2.06$$

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.42$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.62$$

$$N_{cr} : 653.29 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 9757.88 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 653.29 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.259 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N441, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usforjados.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 54.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 210.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 804.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : 1.05$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N429, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N429, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.167} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N429, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot \text{Usoforjados}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{77.95} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{30.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{330.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{36.13}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.49} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{307.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$76.52 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·Usoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 76.52 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 465.77 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.49 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.49 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 598.42 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.269 ✓

$\eta$  : 0.251 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N441, para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas+1.5·Usoescaleras.

Donde:

$N_{l,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  $N_{l,Ed}$  : 16.95 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+$  : 54.51 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.01 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : I

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.  $N_{pl,Rd}$  : 1639.52 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$  : 210.57 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 40.33 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{ef,Ed}$  : 52.77 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.  $\sigma_{com,Ed}$  : 65.64 MPa

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.  $W_{y,com}$  : 804.00 cm<sup>3</sup>

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.  $M_{b,Rd,y}$  : 210.57 kN·m

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·Usoescaleras.

$$76.52 \text{ kN} \leq 232.69 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : 76.52 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : 465.38 \text{ kN}$$

### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.002 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot \text{Uso forjados}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 3.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 24.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.167 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N429, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot \text{Uso forjados}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 77.95 \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 465.38 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 465.77 \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : 0.31 \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 24.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo}$  : 1.05**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.49 kN $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por: $V_{pl,T,Rd}$  : 598.29 kN

Donde:

 $V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$  : 598.42 kN $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$  : 0.08 MPa

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión. $W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup> $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo}$  : 1.05**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.026 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Peso forjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$  : 12.26 kNLa resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por: $N_{t,Rd}$  : 475.57 kN

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra. $A$  : 62.60 cm<sup>2</sup> $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 75.97$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.28$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.008$  ✓

$\eta : 0.045$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 3.80$  kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : 475.57$  kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 3

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 75.97$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 75.97$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.28$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : 83.82$  kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 75.97$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 75.97$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.28$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.81$

$\chi_z : 0.18$

Siendo:

$\phi_y : 0.74$

$\phi_z : 3.24$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  $\bar{\lambda}_y : 0.55$

$\bar{\lambda}_z : 2.13$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\lambda,\theta} : 1.31$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:  $N_{cr} : 653.29$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,y} : 9757.88$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : 653.29$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.180$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N441, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesograsas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+ : 10.98$  kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^- : 0.00$  kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 61.08$  kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : 804.00$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 75.97$  MPa

Siendo:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>75.97</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.28</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N429, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N429, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{11.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.120} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N429, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 16.15 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 135.10 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 30.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 330.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.28

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**36.13 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 36.13

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{173.58} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{307.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$15.86 \text{ kN} \leq 67.55 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{15.86} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{135.10} \text{ kN}$$

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.15 \text{ kN} \leq 86.79 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : \underline{173.58} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.208} \checkmark$

$\eta : \underline{0.162} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N441, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : \underline{12.26} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+ : \underline{10.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd} : \underline{475.57} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{11.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed} : \underline{9.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed} : \underline{12.07} \text{ MPa}$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y} : \underline{61.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

**15.86 kN ≤ 67.51 kN** 

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : \underline{15.86} \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : \underline{135.03} \text{ kN}$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

 $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.120} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N429, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{16.15} \text{ kN}$$

 $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{135.03} \text{ kN}$$

Donde:

 $V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{135.10} \text{ kN}$$

 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.28 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.15 kN $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por: $V_{pl,T,Rd}$  : 173.49 kN

Donde:

 $V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd}$  : 173.58 kN $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed}$  : 0.06 MPa

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup> $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.28 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

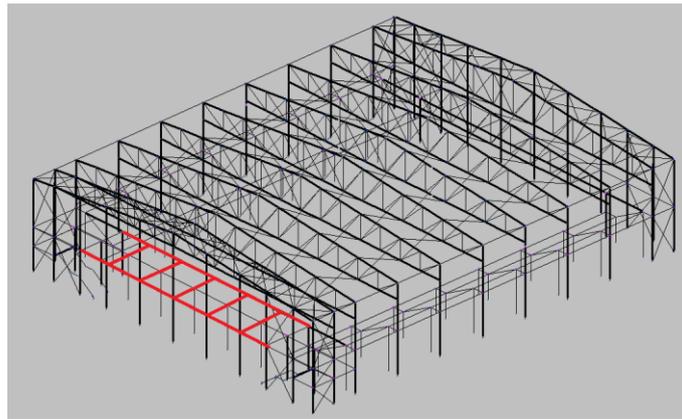


Figura 71 Vigas de la zona puente con aseos de la segunda planta.

Barra N431/N440

| Perfil: IPE 450   |   | Material: Acero (S275) |              |                           |  |  |  |
|---|---|------------------------|--------------|---------------------------|--|--|--|
|   | Nudos   |                        | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|   | Inicial   | Final                  |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N431  | N440                   | 3.000        | 98.80                     | 33740.00   | 1676.00  | 66.90  |
|   | Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |              |                           |  |  |  |
|   |   |                        | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |   |                        | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
|   | β   | 1.00                   | 1.00         | 0.00                      | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>k</sub>  | 3.000                  | 3.000        | 0.000                     | 0.000  |  |  |
|   | C <sub>m</sub>  | 1.000                  | 1.000        | 1.000                     | 1.000  |  |  |
|   | C <sub>i</sub>  | -                      |              | 1.000                     |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |                        |              |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b><br>Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 172.69 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 342.5 °C<br>Pintura intumescente: 4.2 mm                            |   |                        |              |                           |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                         |                        |                         |                        |                               |                               |                                |   |   |   |   | Estado                         |                               |                                |
|---|--|--|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_w$  | N <sub>t</sub>          | N <sub>c</sub>         | M <sub>y</sub>          | M <sub>z</sub>         | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>2</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>2</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>  |
| N431/N440   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | x: 0 m<br>$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$<br>Cumple | $\eta < 0.1$            | $\eta < 0.1$           | x: 0 m<br>$\eta = 61.0$ | x: 0 m<br>$\eta = 0.2$ | x: 0 m<br>$\eta = 12.0$       | $\eta < 0.1$                  | x: 0 m<br>$\eta < 0.1$         | x: 0 m<br>$\eta < 0.1$                        | x: 0 m<br>$\eta = 61.0$                       | x: 0 m<br>$\eta < 0.1$                        | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>            | N.P. <sup>(2)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 61.0$ |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |  |                         |                        |                         |                        |                               |                               |                                |   |   |   |   |                                |                               |                                |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                         |                        |                         |                        |                               |                               |                                |   |   |   |   | Estado                         |                               |                                |
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                                       | M <sub>y</sub>          | M <sub>z</sub>         | V <sub>z</sub>          | V <sub>y</sub>         | M <sub>2</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>                 |                                |                               |                                |
| N431/N440   | $\eta < 0.1$   | $\eta < 0.1$   | x: 0 m<br>$\eta = 18.8$ | x: 0 m<br>$\eta = 0.1$ | x: 0 m<br>$\eta = 3.8$  | $\eta < 0.1$           | x: 0 m<br>$\eta < 0.1$        | x: 0 m<br>$\eta < 0.1$        | x: 0 m<br>$\eta = 18.8$        | x: 0 m<br>$\eta < 0.1$                        | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>                           | N.P. <sup>(2)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 18.8$ |                               |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |  |                         |                        |                         |                        |                               |                               |                                |   |   |   |   |                                |                               |                                |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>2</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>2</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |  |                         |                        |                         |                        |                               |                               |                                |   |   |   |   |                                |                               |                                |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : **0.82** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 4

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

**A<sub>ef</sub> :** 93.67 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 3859.67 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 77700.11 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 3859.67 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 33740.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 1676.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 66.90 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 791000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 3.000 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 3.000 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 18.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 18.48 cm

**i<sub>z</sub> :** 4.12 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**44.77 ≤ 273.56** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**h<sub>w</sub> :** 420.80 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 9.40 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>w</sub> :** 39.56 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>rc,ef</sub> :** 27.74 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.45} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2453.21} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1751.46} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\chi_z : \underline{0.71}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{0.51}$$

$$\phi_z : \underline{0.94}$$

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.18}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.82}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3859.67} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{77700.11} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3859.67} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.610} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{271.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{445.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{72.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.120} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot \text{Uso forjados}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{92.12} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{768.52} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{m0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**40.30 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 40.30

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

#### **Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta < \mathbf{0.001}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.04 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 895.85 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 59.24 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 98.80 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 420.80 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.40 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$ : 275.00 MPa  
 $\gamma_{Mo}$ : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$92.12 \text{ kN} \leq 384.26 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 92.12 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$ : 768.52 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.04 \text{ kN} \leq 447.92 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 0.04 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$ : 895.85 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.610 ✓

$\eta$ : 0.610 ✓

$\eta$ : 0.366 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados+1.5·Usoescaleras.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$ : 0.10 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}$ : 271.72 kN·m  
 $M_{z,Ed}^+$ : 0.03 kN·m  
**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase**: 1  
 $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd}$ : 2587.62 kN  
 $M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$ : 445.76 kN·m  
 $M_{pl,Rd,z}$ : 72.29 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

**$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ :** Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} A &: 98.80 \text{ cm}^2 \\ W_{pl,y} &: 1702.00 \text{ cm}^3 \\ W_{pl,z} &: 276.00 \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: 261.90 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} f_y &: 275.00 \text{ MPa} \\ \gamma_{M1} &: 1.05 \end{aligned}$$

**$k_y$ ,  $k_z$ :** Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.00$$

$$k_z : 1.00$$

**$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ :** Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\begin{aligned} C_{m,y} &: 1.00 \\ C_{m,z} &: 1.00 \end{aligned}$$

**$\chi_y$ ,  $\chi_z$ :** Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned} \chi_y &: 1.00 \\ \chi_z &: 0.70 \end{aligned}$$

**$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ :** Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &: 0.19 \\ \bar{\lambda}_z &: 0.84 \end{aligned}$$

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ :** Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\begin{aligned} \alpha_y &: 0.60 \\ \alpha_z &: 0.60 \end{aligned}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$$92.12 \text{ kN} \leq 384.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

**$V_{Ed,z}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**$V_{c,Rd,z}$ :** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\begin{aligned} V_{Ed,z} &: 92.12 \text{ kN} \\ V_{c,Rd,z} &: 768.52 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : \underline{0.11} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} : \underline{1969.86} \text{ kN}$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta < \underline{0.001}$  ✓

$\eta < \underline{0.001}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{1867.54} \text{ kN}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 4

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : 1216.74 \text{ kN}$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$A_{ef} : 93.67 \text{ cm}^2$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 199.38 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 199.38 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.73$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 1.00$

Siendo:

$\chi_z : 0.65$

$\phi_y : 0.51$

$\phi_z : 0.98$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 0.18$

$\bar{\lambda}_z : 0.82$

$k_{\lambda,\theta} : 1.00$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 3859.67 \text{ kN}$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 77700.11 \text{ kN}$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 3859.67 \text{ kN}$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.188$  ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 63.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 339.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 1702.00 \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 199.38 \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 199.38 \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : 0.73$$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : 1.00$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.001 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H2.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 55.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

**W<sub>pl,z</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 276.00 \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 199.38 \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 199.38 \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : 0.73$$

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : 1.00$$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.39} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{585.05} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$40.30 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{40.30}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  
 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_{ref}$  : 235.00 MPa  
 $f_y$  : 275.00 MPa

### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.01 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 681.97 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 59.24 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 98.80 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 420.80 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.40 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 199.38 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 199.38 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.73

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$22.39 \text{ kN} \leq 292.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 22.39 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 585.05 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.01 \text{ kN} \leq 340.99 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.01 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 681.97 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.188 ✓

$\eta$  : 0.188 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H2.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  $N_{t,Ed}$  : 0.04 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}$  : 63.59 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.  $M_{z,Ed}$  : 0.04 kN·m

**Clase**: 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.  $N_{pl,Rd}$  : 1969.86 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$  : 339.34 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 55.03 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{ef,Ed}$  : -63.58 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.  $\sigma_{com,Ed}$  : 37.36 MPa

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.  $W_{y,com}$  : 1702.00 cm<sup>3</sup>

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 98.80 cm<sup>2</sup>

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.  $M_{b,Rd,y}$  : 339.34 kN·m

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N431, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$$22.39 \text{ kN} \leq 292.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{22.39}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{585.05}{\quad} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

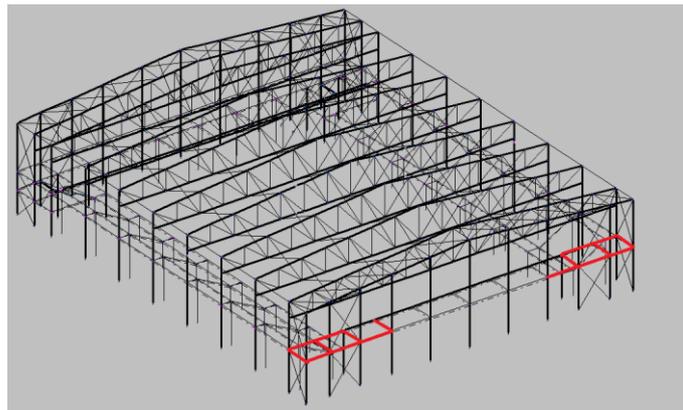


Figura 72 Vigas de la zona puente de la segunda planta.

Barra N426/N427

|  |  |          |                |                           |             |             |             |
|--|--|----------|----------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Perfil: IPE 330</b>                                 |  |          |                |                           |             |             |             |
| <b>Material: Acero (S275)</b>                          |  |          |                |                           |             |             |             |
|  | Nudos  |          | Longitud       | Características mecánicas |             |             |             |
|  | Inicial  | Final    | (m)            | Área                      | $I_y^{(1)}$ | $I_z^{(1)}$ | $I_t^{(2)}$ |
|  | N426   | N427     | 4.000          | 62.60                     | 11770.00    | 788.00      | 28.20       |
|  | Notas:   |          |                |                           |             |             |             |
|  | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |          |                |                           |             |             |             |
|  | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |          |                |                           |             |             |             |
|  | Pandeo   |          | Pandeo lateral |                           |             |             |             |
|  |  | Plano XY | Plano XZ       | Ala sup.                  | Ala inf.    |             |             |
|  | $\beta$  | 1.00     | 1.00           | 0.00                      | 0.00        |             |             |
|  | $L_k$  | 4.000    | 4.000          | 0.000                     | 0.000       |             |             |
| $C_m$  | 1.000  | 1.000    | 1.000          | 1.000                     |             |             |             |
| $C_1$  | -  |          | 1.000          |                           |             |             |             |
| Notación:  |  |          |                |                           |             |             |             |
| $\beta$ : Coeficiente de pandeo                        |  |          |                |                           |             |             |             |
| $L_k$ : Longitud de pandeo (m)                         |  |          |                |                           |             |             |             |
| $C_m$ : Coeficiente de momentos                        |  |          |                |                           |             |             |             |
| $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |  |          |                |                           |             |             |             |
| <b>Situación de incendio</b>                           |  |          |                |                           |             |             |             |
| Resistencia requerida: R 90                            |  |          |                |                           |             |             |             |
| Factor de forma: 214.79 m <sup>-1</sup>                |  |          |                |                           |             |             |             |
| Temperatura máx. de la barra: 680.5 °C                 |  |          |                |                           |             |             |             |
| Pintura intumescente: 1.8 mm                           |  |          |                |                           |             |             |             |

| Barra     | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_w$                                | $N_t$                   | $N_c$                   | $M_V$                   | $M_z$                   | $V_z$                   | $V_y$        | $M_V V_z$               | $M_z V_y$          | $NM_V M_z$              | $NM_V M_z V_y V_z$     | $M_t$        | $M_t V_z$                      | $M_t V_y$    | Estado                         |
|-----------|---------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|
| N426/N427 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | $\eta = 3.5$            | $\eta = 5.3$            | x: 0 m<br>$\eta = 32.1$ | x: 4 m<br>$\eta = 14.1$ | x: 0 m<br>$\eta = 11.8$ | $\eta = 0.4$ | $\eta < 0.1$            | $\eta < 0.1$       | x: 0 m<br>$\eta = 36.4$ | $\eta < 0.1$           | $\eta = 0.1$ | x: 0 m<br>$\eta = 11.8$        | $\eta = 0.4$ | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 36.4$ |
| Barra     | $N_t$                           | $N_c$                                      | $M_V$                   | $M_z$                   | $V_z$                   | $V_y$                   | $M_V V_z$               | $M_z V_y$    | $NM_V M_z$              | $NM_V M_z V_y V_z$ | $M_t$                   | $M_t V_z$              | $M_t V_y$    | Estado                         |              |                                |
| N426/N427 | $\eta = 5.3$                    | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup>     | x: 0 m<br>$\eta = 33.8$ | x: 4 m<br>$\eta = 15.1$ | x: 0 m<br>$\eta = 10.5$ | $\eta = 0.4$            | $\eta < 0.1$            | $\eta < 0.1$ | x: 0 m<br>$\eta = 44.3$ | $\eta < 0.1$       | $\eta = 0.1$            | x: 0 m<br>$\eta = 8.9$ | $\eta = 0.4$ | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 44.3$ |              |                                |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Notación:  
 $N_t$ : Resistencia a tracción  
 $N_c$ : Resistencia a compresión  
 $M_V$ : Resistencia a flexión eje Y  
 $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z  
 $V_z$ : Resistencia a corte Z  
 $V_y$ : Resistencia a corte Y  
 $M_V V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 $NM_V M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $NM_V M_z V_y V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_t V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_t V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.30 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 3

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 62.60 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 1020.76 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 15246.69 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 1020.76 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : <u>11770.00</u> cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : <u>788.00</u> cm <sup>4</sup>    |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : <u>28.20</u> cm <sup>4</sup>     |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : <u>199000.00</u> cm <sup>6</sup> |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : <u>81000</u> MPa                             |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : <u>4.000</u> m                  |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : <u>4.000</u> m                  |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : <u>0.000</u> m                  |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : <u>14.16</u> cm                  |

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : <u>13.71</u> cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : <u>3.55</u> cm  |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm  |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm  |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : <u>307.00</u> mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>7.50</u> mm                   |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : <u>23.03</u> cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>18.40</u> cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : <u>0.30</u>                                  |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                            |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa               |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+1.35·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·Q+1.5·Uso forjados+1.5·Uso Gradadas.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{56.88} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.053} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{37.46} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{700.95} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.43}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.57}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\phi_z : 1.53$$

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.30$$

$$N_{cr} : 1020.76 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 15246.69 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 1020.76 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.321 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.47 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradadas.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 67.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 210.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 804.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.141 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N427, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 5.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N427, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  
El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{Ed}$  : 3.79 kN·m

$M_{c,Rd}$  : 40.33 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 154.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.118 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradadas.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 55.15 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 465.77 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 30.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 330.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**36.13 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 36.13

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  
 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_{ref}$ : 235.00 MPa  
 $f_y$ : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 2.10 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 598.42 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 39.58 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  
 $d$ : Altura del alma.  
 $t_w$ : Espesor del alma.

$A$  : 62.60 cm<sup>2</sup>  
 $d$  : 307.00 mm  
 $t_w$  : 7.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

55.15 kN ≤ 232.88 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradas.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 55.15 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 465.77 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

2.10 kN ≤ 299.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 2.10 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 598.42 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.364 ✓

$\eta$  : 0.302 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N426, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usforjados+1.5·Usogradas.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 56.88 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$  : 67.56 kN·m

$M_{z,Ed}$  : 0.34 kN·m

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$  : 1639.52 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 210.57 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 40.33 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed}$  : -61.72 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed}$  : 76.77 MPa

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com}$  : 804.00 cm<sup>3</sup>

**A:** Área de la sección bruta.

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$  : 210.57 kN·m

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante  $\gamma$ , además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usforjados+1.5·Usogradas.

$55.15$  kN  $\leq$   $232.79$  kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$  : 55.15 kN

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$  : 465.59 kN

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 3.71 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.118 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N426, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·UsoGradadas.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 55.15 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 465.59 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$  : 465.77 kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$  : 0.15 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.004 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 2.10 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 598.17 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 598.42 \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : 0.15 \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 24.52 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

### Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.053 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 25.32 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : 475.57 \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : 62.60 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : 75.97 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 75.97 \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : 0.28$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : 1.00$$

### Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.338 \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 20.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 61.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 804.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 75.97 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 75.97 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.28$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.151$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N427, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 1.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N427, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 1.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 11.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z} : 154.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 75.97 \text{ MPa}$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.28 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.105 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 14.21 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por: $V_{c,Rd}$  : 135.10 kN

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 30.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

 $h$ : Canto de la sección.  $h$  : 330.00 mm $t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 7.50 mm $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta}$  : 0.28 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

 $36.13 < 64.71$  ✓

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 36.13

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{\text{máx}}$  : 64.71

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{\text{ref}}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{\text{Ed}}$  : 0.65 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{\text{c,Rd}}$  viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$  : 173.58 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 39.58 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 62.60 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 307.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.50 mm

$f_{y,d}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{y,d}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.28

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{\text{Ed}}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{\text{c,Rd}}$ .

$14.21 \text{ kN} \leq 67.55 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{14.21} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : \underline{135.10} \text{ kN}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.65 \text{ kN} \leq 86.79 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{0.65} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : \underline{173.58} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.443}$  ✓

$\eta : \underline{0.347}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : \underline{25.32} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed} : \underline{20.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} : \underline{0.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd} : \underline{475.57} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{11.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed} : \underline{-18.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed} : \underline{22.43} \text{ MPa}$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.  
 $A$ : Área de la sección bruta.  
 $M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$W_{y,com}$  : 804.00 cm<sup>3</sup>  
 $A$  : 62.60 cm<sup>2</sup>  
 $M_{b,Rd,y}$  : 61.08 kN·m

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

**14.21 kN ≤ 67.55 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$  : 14.21 kN  
 $V_{c,Rd,z}$  : 135.10 kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$M_{T,Rd}$  : 1.08 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.28

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N426, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{12.02} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{135.08} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{135.10} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{75.97} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.65} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{173.50} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{173.58} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 24.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 75.97 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 75.97 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.28

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

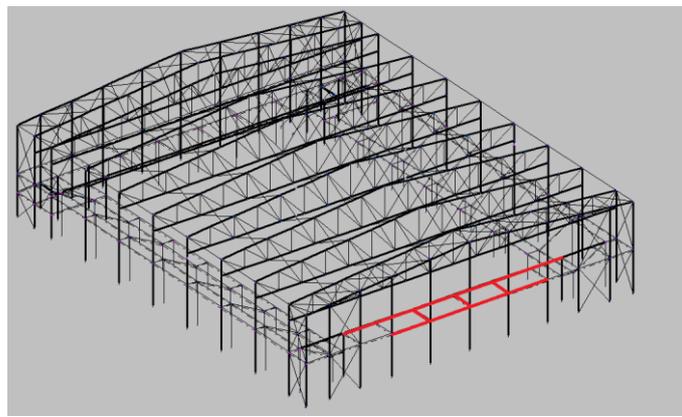


Figura 73 Vigas de la zona puente de la segunda planta.

Barra N422/N390

| Perfil: IPE 450  |  | Material: Acero (S275) |                           |                         |                                |                                |                                |
|--|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|  | Nudos  |                        | Características mecánicas |                         |                                |                                |                                |
|  | Inicial  | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | $I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> ) | $I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> ) | $I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> ) |
|  | N422   | N390                   | 3.000                     | 98.80                   | 33740.00                       | 1676.00                        | 66.90                          |
|  | Notas:   |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
|  | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
|  | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
|  |  |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                 |                                |                                |
|  |  |                        | Plano XY                  | Plano XZ                | Ala sup.                       | Ala inf.                       |                                |
|  | $\beta$  | 1.00                   | 1.00                      | 0.00                    | 0.00                           |                                |                                |
|  | $L_k$  | 3.000                  | 3.000                     | 0.000                   | 0.000                          |                                |                                |
| $C_m$  | 1.000  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   |                                |                                |                                |
| $C_1$  | -  |                        | 1.000                     |                         |                                |                                |                                |
| Notación:  |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| $\beta$ : Coeficiente de pandeo                        |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| $L_k$ : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| $C_m$ : Coeficiente de momentos                        |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| <b>Situación de incendio</b>                           |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| Resistencia requerida: R 90                            |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| Factor de forma: 172.69 m-1                            |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| Temperatura máx. de la barra: 342.5 °C                 |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |
| Pintura intumescente: 4.2 mm                           |  |                        |                           |                         |                                |                                |                                |

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |   |              |              |                         |                        |                         |              |                            |                            |                         |                            |  | Estado              |                     |                                |
|-----------|---|---|--------------|--------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--|---------------------|---------------------|--------------------------------|
|           | $\bar{\lambda}$                                     | $\lambda_{w,cr}$  | $N_c$        | $N_{c,red}$  | $M_y$                   | $M_z$                  | $V_z$                   | $V_y$        | $M_y V_z$                  | $M_z V_y$                  | $N M_y M_z$             | $N M_y M_z V_y V_z$        | $M_t$                                  |                     | $M_y V_z$           | $M_z V_y$                      |
| N422/N390 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                     | x: 0.214 m<br>$\lambda_{w,cr} \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 3 m<br>$\eta = 61.3$ | x: 3 m<br>$\eta = 1.7$ | x: 3 m<br>$\eta = 12.0$ | $\eta < 0.1$ | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$ | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$ | x: 3 m<br>$\eta = 61.3$ | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$ | $M_{ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 61.3$ |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                    |                   |                   |                               |                               |                                |  |                       |   |                               | Estado              |                           |
|--|--|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------|---|-------------------------------|---------------------|---------------------------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub>     | M <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>        | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |                     |                           |
| N422/N390  | η < 0.1  | η < 0.1        | x: 3 m<br>η = 19.8 | x: 3 m<br>η = 0.7 | x: 3 m<br>η = 4.0 | η < 0.1                       | x: 0.214 m<br>η < 0.1         | x: 0.214 m<br>η < 0.1          | x: 3 m<br>η = 19.8   | x: 0.214 m<br>η < 0.1 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>           | N.P. <sup>(2)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 19.8 |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |  |                |                    |                   |                   |                               |                               |                                |  |                       |   |                               |                     |                           |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                    |                   |                   |                               |                               |                                |  |                       |   |                               |                     |                           |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.82 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 4

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

**A<sub>ef</sub>** : 93.67 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 3859.67 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 77700.11 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 3859.67 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 33740.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 1676.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 66.90 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 791000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 3.000 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 3.000 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 18.93 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 18.48 cm

**i<sub>z</sub>** : 4.12 cm

**y<sub>o</sub>, z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$44.77 \leq 273.56 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{420.80} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{39.56} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{27.74} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.57} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot Q$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2453.21} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1751.46} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.71}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.51}$$

$$\phi_z : \underline{0.94}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.18}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.82}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3859.67} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{77700.11} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3859.67} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.613} \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 273.07 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 445.76 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 1702.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.017 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 1.20 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 1.20 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 72.29 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 276.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.120 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 92.56 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 768.52 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 50.82 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 450.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.40 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**40.30 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 40.30

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  < 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.40 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 895.85 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 59.24 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 98.80 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 420.80 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.40 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**89.70 kN ≤ 384.26 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N422, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 89.70 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 768.52 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**0.40 kN ≤ 447.92 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N422, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.40 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 895.85 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.613} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.613} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.368} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N390, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{273.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{445.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{72.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.70}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N422, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoforjados.

$$89.70 \text{ kN} \leq 384.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{89.70}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{768.52}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{0.15}{\quad} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \frac{1969.86}{\quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \frac{98.80}{\quad} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{199.38}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \frac{199.38}{\quad} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \frac{0.73}{\quad}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \frac{1.00}{\quad}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.2·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1867.54} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1216.74} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\chi_z : \underline{0.65}$$

$$\phi_y : \underline{0.51}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\phi_z : 0.98$$

$$\alpha_y : 0.49$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.18$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.82$$

$$k_{\lambda,\theta} : 1.00$$

$$N_{cr} : 3859.67 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 77700.11 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 3859.67 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.198 \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 67.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 339.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 1702.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 199.38 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 199.38 \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : 0.73$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : 1.00$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{55.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.040} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N390, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{23.54} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{585.05} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| $t_w$ : Espesor del alma.   | $t_w$ : <u>9.40</u> mm             |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd}$ : <u>199.38</u> MPa       |
| Siendo:   |                                    |
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta}$ : <u>199.38</u> MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa          |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.73</u>       |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>  |

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$40.30 < 64.71$  ✓

|   |  |
|---|--|
| Donde:  |  |
| $\lambda_w$ : Esbeltez del alma.                  | $\lambda_w$ : <u>40.30</u>             |
| $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.        | $\lambda_{m\acute{a}x}$ : <u>64.71</u> |
| $\epsilon$ : Factor de reducción.                 | $\epsilon$ : <u>0.92</u>               |
| Siendo:   |  |
| $f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.        | $f_{ref}$ : <u>235.00</u> MPa          |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa              |

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta < 0.001$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.13 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 681.97 kN

Donde:  
 $A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 59.24 cm<sup>2</sup>

Siendo:  
 $A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 98.80 cm<sup>2</sup>

|   |  |
|---|--|
| <b>d</b> : Altura del alma.   | <b>d</b> : <u>420.80</u> mm                |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.  | <b>t<sub>w</sub></b> : <u>9.40</u> mm      |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.   | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>199.38</u> MPa  |
| Siendo:   |  |
| <b>f<sub>y,θ</sub></b> : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | <b>f<sub>y,θ</sub></b> : <u>199.38</u> MPa |
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa   |
| <b>k<sub>y,θ</sub></b> : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | <b>k<sub>y,θ</sub></b> : <u>0.73</u>       |
| <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                     | <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : <u>1.00</u>       |

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$21.42 \text{ kN} \leq 292.52 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N422, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 21.42 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 585.05 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$0.13 \text{ kN} \leq 340.99 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N422, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.13 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 681.97 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.198}$$



$$\eta : 0.198 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N390, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 0.15 \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 64.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 0.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : I$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : 1969.86 \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : 339.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 55.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : -64.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : 38.04 \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : 1702.00 \text{ cm}^3$$

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : 98.80 \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : 339.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N422, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$$21.42 \text{ kN} \leq 292.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : 21.42 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : 585.05 \text{ kN}$$

#### Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

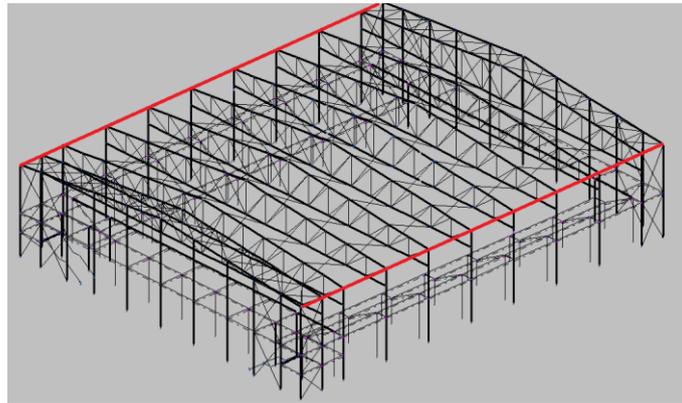


Figura 74 Vigas de atado de la cabeza de los pilares.

Barra N37/N67

| Perfil: HE 140 B  |  | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|---|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|   | Nudos  |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|   | Inicial  | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N37  | N67                    | 6.000                     | 43.00                   | 1509.00  | 549.70   | 20.06  |
|   | Notas:   |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|   | Pandeo   |                        | Pandeo lateral            |                         |  |  |  |
|   |  | Plano XY               | Plano XZ                  | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |
|   | β  | 1.00                   | 1.00                      | 0.00                    | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>k</sub>                                       | 6.000                  | 6.000                     | 0.000                   | 0.000  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -  |                        | 1.000                     |                         |  |  |  |
| Notación:   |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| β: Coeficiente de pandeo  |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>                                    |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90                                     |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Factor de forma: 197.99 m <sup>-1</sup>                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 693.0 °C                          |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Pintura intumescente: 1.6 mm                                    |  |                        |                           |                         |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                        |   |                        |   |                               |   |                                |  |   |  |   | Estado                         |                               |                                |
|--|--|--|------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|--|---|--|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{lim}$  | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                                | M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>y</sub>  |
| N37/N67  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | x: 0.375 m<br>$\lambda_{lim} \leq \lambda_{lim,max}$<br>Cumple | $\eta = 5.1$           | $\eta = 8.4$                                  | x: 3 m<br>$\eta = 3.1$ | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 0.7$        | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.375 m<br>$\eta < 0.1$     | N.P. <sup>(3)</sup>  | x: 3 m<br>$\eta = 10.4$                       | x: 0.375 m<br>$\eta < 0.1$                                   | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>            | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 10.4$ |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |  |                        |   |                        |   |                               |   |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                        |   |                        |   |                               |   |                                |  |   |  |   | Estado                         |                               |                                |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>   | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>         | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>y</sub>                 |                                |                               |                                |
| N37/N67  | $\eta = 5.0$   | $\eta = 25.4$  | x: 3 m<br>$\eta = 8.9$ | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 1.9$ | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.375 m<br>$\eta < 0.1$    | N.P. <sup>(3)</sup>                           | x: 3 m<br>$\eta = 31.2$        | x: 0.375 m<br>$\eta < 0.1$                                   | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>  | N.P. <sup>(5)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 31.2$ |                               |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |  |                        |   |                        |   |                               |   |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>y</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |  |                        |   |                        |   |                               |   |                                |  |   |  |   |                                |                               |                                |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} : \underline{1.93} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\text{A} : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{868.77} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\text{I}_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\text{I}_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\text{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$\text{G} : \underline{81000} \text{ MPa}$$

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\text{L}_{ky} : \underline{6.000} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\text{L}_{kz} : \underline{6.000} \text{ m}$$

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\text{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\text{i}_o : \underline{6.92} \text{ cm}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\text{i}_y : \underline{5.92} \text{ cm}$$

$$\text{i}_z : \underline{3.58} \text{ cm}$$

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\text{y}_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\text{z}_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$16.57 \leq 159.27 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

$$\text{h}_w : \underline{116.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

$$\text{t}_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

$$\text{A}_w : \underline{8.12} \text{ cm}^2$$

**A<sub>fc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

$$\text{A}_{fc,ef} : \underline{16.80} \text{ cm}^2$$

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$\text{k} : \underline{0.30}$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\text{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.  
Siendo:

$f_{yf}$  : 275.00 MPa

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.051 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 57.91 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd}$  : 1126.19 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 43.00 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.018 ✓

$\eta$  : 0.084 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 19.73 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 1126.19 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$A$  : 43.00 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{234.20} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.50}$$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\chi_z : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{1.34}$$

$$\phi_z : \underline{2.79}$$

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.93}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{868.77} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.031} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.34 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 198.39 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 13.12 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 140.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**13.14 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 13.14

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$1.17 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.17 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 198.39 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.049 ✓

$\eta$  : 0.067 ✓

$\eta$  : 0.104 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 19.73 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 2.01 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 1126.19 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 64.27 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 31.38 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 43.00 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 245.40 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 119.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \frac{275.00}{1.05} \text{ MPa}$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.03$$

$$k_z : 1.12$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.50$$

$$\chi_z : 0.21$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 1.17$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.93$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$$1.17 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : 1.17 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : 198.39 \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.050 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 14.62 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{291.94} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{67.89} \text{ MPa}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{67.89} \text{ MPa}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**$k_{y,\theta}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.254} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5-V(90°)H2.

**$N_{c,Ed}$ :** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{9.42} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{291.94} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{67.89} \text{ MPa}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{67.89} \text{ MPa}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**$k_{y,\theta}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{37.13} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{67.89} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{67.89} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.30}$$

Siendo:

$$\chi_z : \underline{0.13}$$

$$\phi_y : \underline{2.02}$$

$$\phi_z : \underline{4.35}$$

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

**λ̄**: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.54}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{2.56}$$

**k<sub>λ,θ</sub>**: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.32}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{868.77} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.089} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{16.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W<sub>pl,y</sub> :** 245.40 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 67.89 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 67.89 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.25

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub> :** 0.99 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub> :** 51.43 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>:** Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub> :** 13.12 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h:** Canto de la sección. **h :** 140.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma. **t<sub>w</sub> :** 7.00 mm

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 67.89 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 67.89 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.25

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$13.14 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.14}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.87 \text{ kN} \leq 25.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.87} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{51.43} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.122} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.204} \quad \checkmark$$

$\eta$  : 0.312 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

Donde:

|   |  |
|---|--|
| <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.   | <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>9.42</u> kN   |
| <b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.                                | <b>M<sub>y,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>1.49</u> kN·m<br><b>M<sub>z,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>0.00</u> kN·m   |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>  |
| <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.  | <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>291.94</u> kN  |
| <b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.     | <b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>16.66</u> kN·m<br><b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>8.13</u> kN·m                    |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |  |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>43.00</u> cm <sup>2</sup>  |
| <b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.       | <b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>245.40</u> cm <sup>3</sup><br><b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>119.80</u> cm <sup>3</sup> |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.   | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>67.89</u> MPa   |

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub>** : 67.89 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub>** : 0.25

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

**k<sub>y</sub>** : 1.09

**k<sub>z</sub>** : 1.36

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

**C<sub>m,y</sub>** : 1.00

**C<sub>m,z</sub>** : 1.00

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**χ<sub>y</sub>** : 0.30

**χ<sub>z</sub>** : 0.13

**λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

**λ̄<sub>y</sub>** : 1.54

**λ̄<sub>z</sub>** : 2.56

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

**α<sub>y</sub>** : 0.60

**α<sub>z</sub>** : 0.60

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$$0.87 \text{ kN} \leq 25.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.87}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{51.43}{\quad} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

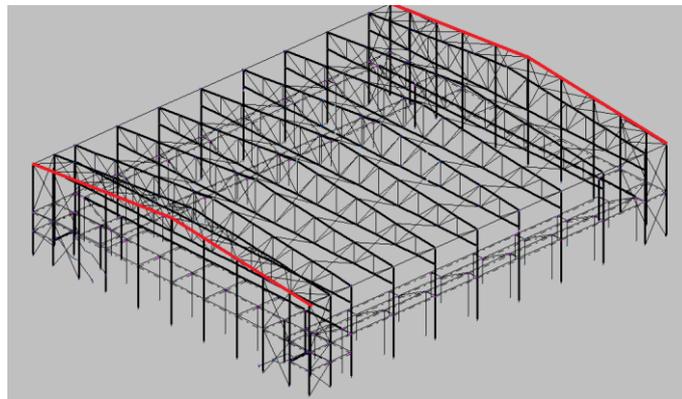


Figura 75 Vigas de los pórticos laterales.

Barra N486/N311

| Perfil: IPE 220<br>Material: Acero (S275)   |       |              |                           |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N486  | N311  | 4.018        | 33.40                     | 2772.00  | 205.00   | 9.07   |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 0.27         | 1.25                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>k</sub>  |       | 1.100        | 5.020                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>i</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |
| Situación de incendio   |       |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 270.18 m <sup>-1</sup><br>Temperatura máx. de la barra: 661.0 °C<br>Pintura intumescente: 2.4 mm  |       |              |                           |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                        |                    |                        |                    |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               | Estado            |                               |
|--|--|--|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{w,0.5}$                                | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>     | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>y</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |                   | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N486/N311  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_{w,0.5} \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | x: 4.018 m<br>η = 23.9 | x: 0 m<br>η = 21.8 | x: 4.018 m<br>η = 19.0 | x: 0 m<br>η = 71.0 | x: 4.018 m<br>η = 5.6         | x: 0 m<br>η = 1.7             | η < 0.1                        | η < 0.1  | x: 0 m<br>η = 93.6             | η < 0.1  | η = 4.0                       | x: 4.018 m<br>η = 5.6         | x: 0 m<br>η = 1.7 | <b>CUMPLE</b><br>η = 93.6     |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                        |                    |                        |                    |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               | Estado            |                               |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                                   | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>     | V <sub>z</sub>         | V <sub>y</sub>     | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                 | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |                               |                   |                               |
| N486/N311  | x: 4.018 m<br>η = 20.3                               | x: 0 m<br>η = 30.8                               | x: 4.018 m<br>η = 22.2 | x: 0 m<br>η = 76.0 | x: 4.018 m<br>η = 5.8  | x: 0 m<br>η = 1.8  | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 0 m<br>η = 98.5             | η < 0.1  | η = 4.2                        | x: 4.018 m<br>η = 5.9  | x: 0 m<br>η = 1.8             | <b>CUMPLE</b><br>η = 98.5     |                   |                               |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Y y momento toror combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento toror combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%) |  |  |                        |                    |                        |                    |                               |                               |                                |  |                                |  |                               |                               |                   |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : **0.63** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 33.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 2279.84 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 2279.84 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 3511.46 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

|  |  |
|--|--|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\frac{2772.00}{}$ cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\frac{205.00}{}$ cm <sup>4</sup>   |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\frac{9.07}{}$ cm <sup>4</sup>     |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\frac{22700.00}{}$ cm <sup>6</sup> |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                           |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa                            |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{5.020}{}$ m                 |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{1.100}{}$ m                 |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{0.000}{}$ m                 |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : $\frac{9.44}{}$ cm                  |

Siendo:

|   |   |
|---|---|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{9.11}{}$ cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{2.48}{}$ cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$34.17 \leq 248.36 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : $\frac{201.60}{}$ mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : $\frac{5.90}{}$ mm                   |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : $\frac{11.89}{}$ cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : $\frac{10.12}{}$ cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : $\frac{0.30}{}$                                  |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                            |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa               |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.239 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

|   |  |
|---|--|
| <b>N<sub>t,Ed</sub></b> : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. | <b>N<sub>t,Ed</sub></b> : $\frac{209.05}{}$ kN |
|---|--|

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

|  |
|--|
| <b>N<sub>t,Rd</sub></b> : $\frac{874.76}{}$ kN |
|--|

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**A** : 33.40 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>MO</sub>** : 1.05

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

**η** : 0.191 ✓

**η** : 0.218 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>c,Ed</sub>** : 166.83 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub>** : 874.76 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**A** : 33.40 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>MO</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub>** : 766.59 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**A** : 33.40 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.88

**χ<sub>z</sub>** : 0.88

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 0.75

**φ<sub>z</sub>** : 0.68

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.21

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\alpha_z$  : 0.34

$\bar{\lambda}_y$  : 0.63

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$\bar{\lambda}_z$  : 0.51

$N_{cr}$  : 2279.84 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 2279.84 kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : 3511.46 kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.190 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 14.19 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 14.04 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 74.64 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 285.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{mo}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.710 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 6.40 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 10.81 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 15.22 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

**W<sub>pl,z</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub> :** 58.10 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.056 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H1.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub> :** 13.47 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub> :** 240.59 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>:** Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub> :** 15.91 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h:** Canto de la sección.

**h :** 220.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 5.90 mm

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**30.10 < 64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>:** Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub> :** 30.10

**λ<sub>máx</sub>:** Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub> :** 64.71

**ε:** Factor de reducción.

**ε :** 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 5.37 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 325.19 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 21.51 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 33.40 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 201.60 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.90 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**5.98 kN ≤ 120.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 5.98 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 240.59 kN

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$5.37 \text{ kN} \leq 162.59 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.37} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{325.19} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.936}$$



$$\eta : \underline{0.811}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N486, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{60.71} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{11.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{10.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{874.76} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{74.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{15.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{7.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{26.39} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{285.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{33.40} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{74.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$$5.98 \text{ kN} \leq 118.78 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{5.98} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{237.57} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N311, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{13.47} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{238.99} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{240.59} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI). $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$V_{Ed} : \underline{5.37} \text{ kN}$$

 $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{319.94} \text{ kN}$$

Donde:

 $V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{325.19} \text{ kN}$$

 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{6.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.203} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones PP+Peso forjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1. $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$N_{t,Ed} : \underline{60.27} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{297.42} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{33.40} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.200 ✓

$\eta$  : 0.308 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 59.56 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 297.42 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 33.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 89.05 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 89.05 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.32

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 193.32 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 33.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 89.05 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 89.05 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.32

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.65$

Siendo:

$\chi_z : 0.75$

$\phi_y : 0.99$

$\phi_z : 0.83$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 0.82$

$\bar{\lambda}_z : 0.66$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,\theta} : 1.29$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 2279.84 \text{ kN}$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 2279.84 \text{ kN}$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 3511.46 \text{ kN}$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.222$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 2.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 5.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 25.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 285.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 89.05 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 89.05 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.32$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.760} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{5.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{58.10} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.058} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N311, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.76} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{81.80} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 15.91 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 220.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.90 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 89.05 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.05 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.32

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

#### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**30.10 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 30.10

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

#### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.018 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.94 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{110.57} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{21.51} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{33.40} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{201.60} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.90} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.64 \text{ kN} \leq 40.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.64} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{81.80} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.94 \text{ kN} \leq 55.28 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.94} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{110.57} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.985} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.887} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N486, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

Donde:

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : 16.18 \text{ kN}$$

**M<sub>y,Ed</sub>**, **M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M}_{y,Ed^+} : 4.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{z,Ed^-} : 3.93 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : 1$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a tracción.

$$\mathbf{N}_{pl,Rd} : 297.42 \text{ kN}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>**, **M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,y} : 25.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,z} : 5.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)**M<sub>ef,Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{ef,Ed} : 3.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**σ<sub>com,Ed</sub>**: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : 11.30 \text{ MPa}$$

**W<sub>y,com</sub>**: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$\mathbf{W}_{y,com} : 285.00 \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : 33.40 \text{ cm}^2$$

**M<sub>b,Rd,y</sub>**: Momento flector resistente de cálculo.

$$\mathbf{M}_{b,Rd,y} : 25.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H1.

$$1.64 \text{ kN} \leq 40.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V}_{Ed,z} : 1.64 \text{ kN}$$

**V<sub>c,Rd,z</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V}_{c,Rd,z} : 80.59 \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N311, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.76} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{80.96} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{81.80} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.32} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{89.05} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$k_{y,\theta} : \underline{0.32}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  
 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.018 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N486, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 1.94 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed}$  : 0.02 kN·m  
 El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 108.71 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 110.57 kN  
 $\tau_{T,Ed}$  : 2.13 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 9.86 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 89.05 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 89.05 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.32

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

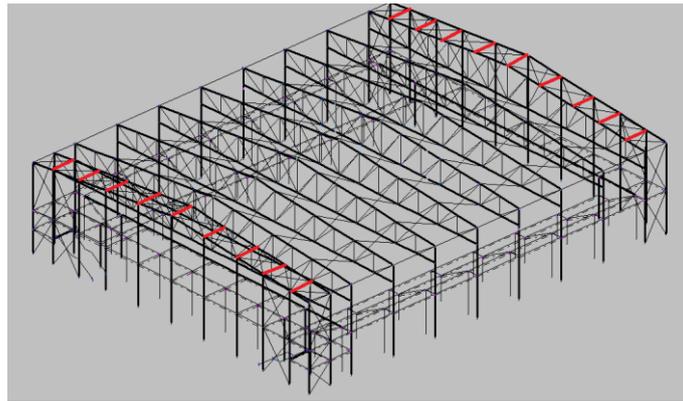


Figura 76 Vigas a contraviento.

Barra N307/N12

| Perfil: HE 100 B<br>Material: Acero (S275)  |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|---|--|----------|--------------|-------------------------|--|--|--|----------|----------|----------|-------------------------|--|--|--|------|----------------|-------|-------|--------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|---|--|-------|--|
|   | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N307</td> <td>N12</td> <td>3.000</td> <td>26.00</td> <td>449.50</td> <td>167.30</td> <td>9.25</td> </tr> </tbody> </table>   | Nudos    |              | Longitud (m)            | Características mecánicas                        |  |  |          | Inicial  | Final    | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | N307 | N12            | 3.000 | 26.00 | 449.50 | 167.30 | 9.25           |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | Nudos  |          | Longitud (m) |                         | Características mecánicas                        |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | Inicial  | Final    |              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | N307   | N12      | 3.000        | 26.00                   | 449.50   | 167.30   | 9.25   |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | <p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p>   |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>K</sub></td> <td>3.000</td> <td>3.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>m</sub></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table> |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  | Plano XY   | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. | $\beta$                 | 1.00   | 1.00   | 0.00   | 0.00 | L <sub>K</sub> | 3.000 | 3.000 | 0.000  | 0.000  | C <sub>m</sub> | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | C <sub>1</sub> | - |  | 1.000 |  |
|   |  |          | Pandeo       |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   |  | Plano XY | Plano XZ     | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | $\beta$  | 1.00     | 1.00         | 0.00                    | 0.00   |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
|   | L <sub>K</sub>   | 3.000    | 3.000        | 0.000                   | 0.000  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000  | 1.000    | 1.000        | 1.000                   |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| C <sub>1</sub>  | -  |          | 1.000        |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| <p>Notación:</p> <p><math>\beta</math>: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p> |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |
| <p><b>Situación de incendio</b></p> <p>Resistencia requerida: R 90</p> <p>Factor de forma: 237.10 m-1</p> <p>Temperatura máx. de la barra: 678.5 °C</p> <p>Pintura intumescente: 2.0 mm</p>                                       |  |          |              |                         |  |  |  |          |          |          |                         |  |  |  |      |                |       |       |        |        |                |       |       |       |       |                |   |  |       |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |   |                          |   |                          |   |                               |   |                                |   |   |   |   | Estado                         |                               |                                |
|--|--|---|--------------------------|---|--------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{pl}$  | N <sub>t</sub>           | N <sub>c</sub>                                | M <sub>t</sub>           | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>t</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>t</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>  |
| N307/N12   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | x: 0.214 m<br>$\lambda_{pl} \leq \lambda_{lim}$<br>Cumple | $\eta = 0.7$             | $\eta = 22.5$                                 | x: 1.5 m<br>$\eta = 1.1$ | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 0.3$        | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$     | N.P. <sup>(3)</sup>                           | x: 1.5 m<br>$\eta = 22.9$                     | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$                    | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>            | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 22.9$ |
| <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>   |  |   |                          |   |                          |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                                |                               |                                |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |   |                          |   |                          |   |                               |   |                                |   |   |   |   | Estado                         |                               |                                |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>  | M <sub>t</sub>           | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>           | V <sub>y</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>t</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>t</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 |                                |                               |                                |
| N307/N12   | $\eta = 0.8$   | $\eta = 39.0$   | x: 1.5 m<br>$\eta = 2.8$ | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 0.7$   | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$    | N.P. <sup>(3)</sup>                           | x: 1.5 m<br>$\eta = 40.9$      | x: 0.214 m<br>$\eta < 0.1$                    | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>                           | N.P. <sup>(5)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 40.9$ |                               |                                |
| <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>   |  |   |                          |   |                          |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                                |                               |                                |
| <p>Notación:</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM<sub>t</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM<sub>t</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</p> <p>M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> |  |   |                          |   |                          |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                                |                               |                                |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.36 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :** 1

**A :** 26.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub> :** 385.28 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 1035.16 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 385.28 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 449.50 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 167.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 9.25 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 3380.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 3.000 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 3.000 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 4.87 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 4.16 cm

**i<sub>z</sub> :** 2.54 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

**13.33 ≤ 158.72** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma.

**h<sub>w</sub> :** 80.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

**t<sub>w</sub> :** 6.00 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma.

**A<sub>w</sub> :** 4.80 cm<sup>2</sup>

**A<sub>rc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>rc,ef</sub> :** 10.00 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{4.60} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{680.95} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.225} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{55.72} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{680.95} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{247.56} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.71}$$

$$\chi_z : \underline{0.36}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.95}$$

$$\phi_z : \underline{1.71}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.83}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.36}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{385.28} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1035.16} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{385.28} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N307, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N307, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.41 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 136.09 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 9.00 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 100.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 6.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$9.33 < 64.71$  ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 9.33

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.35 \text{ kN} \leq 68.04 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N307, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.35 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 136.09 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.088 ✓

$\eta$  : 0.123 ✓

$\eta$  : 0.229 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N307, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 55.72 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.18 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 680.95 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{27.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{13.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{51.42} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.07}$$

$$k_z : \underline{1.32}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.71}$$

$$\chi_z : \underline{0.36}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.83}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.36}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N307, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$$0.35 \text{ kN} \leq 68.04 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.35} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{136.09} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.66} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{201.34} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{77.44} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{77.44} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.093} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.390} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{18.70} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{201.34} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{77.44} \text{ MPa}$$

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta} : \underline{77.44}$ MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.28}$      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{47.99}$  kN

Donde:

|  |   |
|--|---|
| $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | $A : \underline{26.00}$ cm <sup>2</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.                         | $f_{yd} : \underline{77.44}$ MPa        |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. | $f_{y,\theta} : \underline{77.44}$ MPa |
|--|--|

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa    |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.28}$ |

|  |  |
|--|--|
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |
|--|--|

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{0.49}$

$\chi_z : \underline{0.24}$

Siendo:

$\phi_y : \underline{1.31}$

$\phi_z : \underline{2.48}$

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica. | $\alpha_y : \underline{0.49}$ |
|  | $\alpha_z : \underline{0.49}$ |

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida. | $\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$ |
|                                      | $\bar{\lambda}_z : \underline{1.78}$ |

|   |  |
|---|--|
| $k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\alpha,\theta} : \underline{1.31}$ |
|---|--|

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. | $N_{cr} : \underline{385.28}$ kN    |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. | $N_{cr,y} : \underline{1035.16}$ kN |
|   | $N_{cr,z} : \underline{385.28}$ kN  |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.                   | $N_{cr,T} : \underline{\infty}$     |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.028}$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N307, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 8.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 104.20 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 77.44 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 77.44 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.28$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.007$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N307, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.30 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : 40.24 \text{ kN}$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v : 9.00 \text{ cm}^2$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h : 100.00 \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w : 6.00 \text{ mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 77.44 \text{ MPa}$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$  : 77.44 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$  : 0.28 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$9.33 < 64.71$$



Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma. $\lambda_w$  : 9.33 $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71 $\epsilon$ : Factor de reducción. $\epsilon$  : 0.92

Siendo:

 $f_{ref}$ : Límite elástico de referencia. $f_{ref}$  : 235.00 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.26 \text{ kN} \leq 20.12 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N307, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.26 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 40.24 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.221} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.409} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N307, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{18.70} \text{ kN}$$

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{201.34} \text{ kN}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{8.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{3.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{51.42} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{77.44} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{77.44} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.15}$$

$$k_z : \underline{1.55}$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.49}$$

$$\chi_z : \underline{0.24}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.09}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

|                     |      |
|---------------------|------|
| $\bar{\lambda}_z$ : | 1.78 |
| $\alpha_y$ :        | 0.60 |
| $\alpha_z$ :        | 0.60 |

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N307, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$$0.26 \text{ kN} \leq 20.12 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

|                |       |    |
|----------------|-------|----|
| $V_{Ed,z}$ :   | 0.26  | kN |
| $V_{c,Rd,z}$ : | 40.24 | kN |

#### Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.1.9.3 Celosía

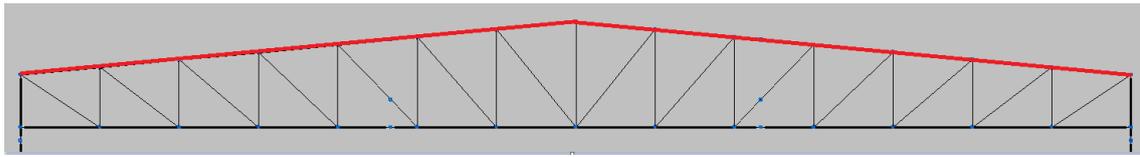


Figura 77 Cordón superior de la celosía.

Barra N228/N230

| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|---------|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Inicial | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N228    | N230  | 3.014        | 52.79                     | 2536.58  | 2536.58  | 4183.98  |

Notas:  
<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado  
<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme

|                | Pandeo   |          | Pandeo lateral |          |
|----------------|----------|----------|----------------|----------|
|                | Plano XY | Plano XZ | Ala sup.       | Ala inf. |
| β              | 1.00     | 0.37     | 0.37           | 1.00     |
| L <sub>K</sub> | 3.014    | 1.100    | 1.100          | 3.014    |
| C <sub>m</sub> | 1.000    | 1.000    | 1.000          | 1.000    |
| C <sub>1</sub> | -        |          | 1.000          |          |

Notación:  
 β: Coeficiente de pandeo  
 L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)  
 C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos  
 C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico

**Situación de incendio**  
 Resistencia requerida: R 90  
 Factor de forma: 130.11 m-1  
 Temperatura máx. de la barra: 648.0 °C  
 Pintura intumescente: 1.2 mm

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |   |                        |                    |                       |                   |                       |                |                               |                               |                                |   |   | Estado              |                               |                               |
|-----------|---|---|------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|           | λ̄  | λ <sub>w</sub>                                | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub> | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                     | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N228/N230 | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                  | λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,máx</sub><br>Cumple | x: 3.014 m<br>η = 58.5 | x: 0 m<br>η = 44.9 | x: 3.014 m<br>η = 9.4 | x: 0 m<br>η = 2.5 | x: 3.014 m<br>η = 5.6 | η = 0.1        | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 0 m<br>η = 69.5             | η < 0.1                                       | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 69.5     |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                    |                       |                   |                       |                |                               |                               |                                |   |   |                               |                               | Estado                    |
|-----------|--|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|           | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>    | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub> | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N228/N230 | x: 3.014 m<br>η = 26.2                               | x: 0 m<br>η = 63.5 | x: 1.507 m<br>η = 7.5 | x: 0 m<br>η = 2.0 | x: 3.014 m<br>η = 4.5 | η = 0.1        | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 1.507 m<br>η = 68.5         | η < 0.1                                       | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>           | N.P. <sup>(2)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 68.5 |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:  
 N: Resistencia a tracción  
 N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
 M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
 M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
 V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z  
 V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y  
 M<sub>v</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ̄ : 0.50 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 52.79 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$N_{cr} : \underline{5789.00} \text{ kN}$

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : \underline{43449.21} \text{ kN}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : \underline{5789.00} \text{ kN}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \underline{352659.21} \text{ kN}$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{2536.58} \text{ cm}^4$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{2536.58} \text{ cm}^4$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{4183.98} \text{ cm}^4$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000} \text{ MPa}$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{81000} \text{ MPa}$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{1.100} \text{ m}$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{3.014} \text{ m}$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{3.014} \text{ m}$

$i_o$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_o : \underline{9.80} \text{ cm}$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{6.93} \text{ cm}$

$i_z : \underline{6.93} \text{ cm}$

$y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$y_o : \underline{0.00} \text{ mm}$

$z_o : \underline{0.00} \text{ mm}$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$20.50 \leq 309.25$  ✓

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$h_w : \underline{164.00} \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$

$A_w$ : Área del alma.

$A_w : \underline{26.24} \text{ cm}^2$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef} : \underline{14.40} \text{ cm}^2$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$k : \underline{0.30}$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000} \text{ MPa}$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.585} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N230, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{808.20} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1382.62} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.379} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.449} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{523.34} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1382.62} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1164.93} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \frac{275.00}{1.05} \text{ MPa}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \frac{1.00}{0.84}$$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\chi_T : \frac{1.00}{1.00}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \frac{0.51}{0.70}$$

$$\phi_z : \frac{0.70}{0.47}$$

$$\phi_T : \frac{0.47}{0.49}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\alpha_y : \frac{0.49}{0.49}$$

$$\alpha_z : \frac{0.49}{0.49}$$

$$\alpha_T : \frac{0.49}{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.18}{0.50}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.50}{0.06}$$

$$\bar{\lambda}_T : \frac{0.06}{5789.00} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \frac{43449.21}{5789.00} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \frac{5789.00}{352659.21} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \frac{352659.21}{352659.21} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.094} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N230, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N230, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{6.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{93.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{355.26} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{93.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{355.26} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N230, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.12} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{396.78} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{26.24} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$20.50 < 64.71$$



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{20.50}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.39} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{401.48} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{26.55} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

#### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$22.50 < 64.71$$



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 22.50

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$21.62 \text{ kN} \leq 198.39 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 21.62 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 396.78 kN

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.39 \text{ kN} \leq 200.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.39 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 401.48 kN

#### Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.695} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N228, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{807.72} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{8.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{2.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1382.62} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{93.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{93.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{355.26} \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{93.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$$21.62 \text{ kN} \leq 198.39 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{21.62} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{396.78} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.262} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N230, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 134.99 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd}$  : 514.85 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 52.79 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.35

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.484 ✓

$\eta$  : 0.635 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 249.08 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 514.85 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$A$  : 52.79 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$  : 0.35

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{392.01} \text{ kN}$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{97.53} \text{ MPa}$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{97.53} \text{ MPa}$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

**$k_{y,\theta}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.35}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{0.98}$

$\chi_z : \underline{0.76}$

$\chi_T : \underline{1.00}$

Siendo:

$\phi_y : \underline{0.54}$

$\phi_z : \underline{0.81}$

$\phi_T : \underline{0.47}$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

$\alpha_T : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.23}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.64}$

$\bar{\lambda}_T : \underline{0.08}$

**$k_{\lambda,\theta}$ :** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.28}$

**$N_{cr}$ :** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : \underline{5789.00} \text{ kN}$

**$N_{cr,y}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : \underline{43449.21} \text{ kN}$

**$N_{cr,z}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : \underline{5789.00} \text{ kN}$

**$N_{cr,T}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \underline{352659.21} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.075}$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.507 m del nudo N228, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

**$M_{Ed}^+$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{2.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.507 m del nudo N228, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 1.66 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 34.65 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 355.26 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.35

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.020 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.43 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.69 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 34.65 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 355.26 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$  : 0.35

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  
 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.045 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N230, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 6.72 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 147.75 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 26.24 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 164.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.35

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**20.50 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 20.50

$\lambda_{máx}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{máx}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.11 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 149.50 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 26.55 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 52.79 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 164.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.35

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**22.50 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 22.50

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$6.56 \text{ kN} \leq 73.87 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 6.56 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 147.75 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.11 \text{ kN} \leq 74.75 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.11 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 149.50 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.562} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.570} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.685} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.507 m del nudo N228, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.   | <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>248.78</u> kN              |
| <b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.                                | <b>M<sub>y,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>2.60</u> kN·m  |
|   | <b>M<sub>z,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>0.12</u> kN·m  |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                                 |
| <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.  | <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>514.85</u> kN             |
| <b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta, en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.    | <b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>34.65</u> kN·m          |
|   | <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>34.65</u> kN·m          |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |   |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>52.79</u> cm <sup>2</sup>                 |
| <b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.       | <b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>355.26</u> cm <sup>3</sup> |
|   | <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>355.26</u> cm <sup>3</sup> |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.   | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>97.53</u> MPa                |

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub>** : 97.53 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub>** : 0.35

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

**k<sub>y</sub>** : 1.02

**k<sub>z</sub>** : 1.28

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

**C<sub>m,y</sub>** : 1.00

**C<sub>m,z</sub>** : 1.00

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**χ<sub>y</sub>** : 0.98

**χ<sub>z</sub>** : 0.76

**λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

**λ̄<sub>y</sub>** : 0.23

**λ̄<sub>z</sub>** : 0.64

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

**α<sub>y</sub>** : 0.60

**α<sub>z</sub>** : 0.60

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

6.56 kN ≤ 73.87 kN



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$  : 6.56 kN  
 $V_{c,Rd,z}$  : 147.75 kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)  
 La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

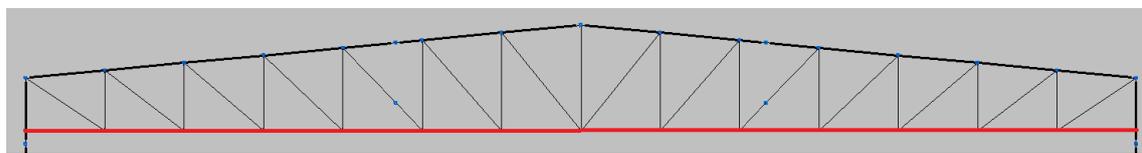


Figura 78 Cordón inferior de la celosía.

Barra N229/N231

| Perfil: SHS 180x8.0                                    |  | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|--|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|  | Nudos  |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|  | Inicial  | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|  | N229   | N231                   | 3.000                     | 52.79                   | 2536.58  | 2536.58  | 4183.98  |
|  | Notas:   |                        |                           |                         |  |  |  |
|  | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |                           |                         |  |  |  |
|  | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|  | Pandeo   |                        | Pandeo lateral            |                         |  |  |  |
|  |  | Plano XY               | Plano XZ                  | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |
|  | $\beta$  | 1.80                   | 0.90                      | 1.00                    | 1.00   |  |  |
|  | $L_k$  | 5.400                  | 2.700                     | 3.000                   | 3.000  |  |  |
| $C_m$  | 1.000  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   |  |  |  |
| $C_1$  | -  |                        | 1.000                     |                         |  |  |  |
| Notación:  |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $\beta$ : Coeficiente de pandeo                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $L_k$ : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $C_m$ : Coeficiente de momentos                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>                           |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90                            |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Factor de forma: 130.11 m-1                            |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 648.0 °C                 |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Pintura intumescente: 1.2 mm                           |  |                        |                           |                         |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |                          |                        |                        |                        |                        |              |                             |                     |  |                     |  | Estado                         |                     |                                |
|--|--|--|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|-----------------------------|---------------------|--|---------------------|--|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_w$                                | $N_c$                    | $N_c$                  | $M_y$                  | $M_z$                  | $V_z$                  | $V_y$        | $M_y V_z$                   | $M_z V_y$           | $N M_y M_z$                            | $N M_y M_z V_y V_z$ | $M_t$                                  |                                | $M_y V_z$           | $M_z V_y$                      |
| N229/N231  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | $\eta = 34.2$            | $\eta = 79.4$          | x: 3 m<br>$\eta = 3.7$ | x: 3 m<br>$\eta = 1.6$ | x: 3 m<br>$\eta = 0.3$ | $\eta = 0.1$ | $\eta < 0.1$                | $\eta < 0.1$        | x: 0 m<br>$\eta = 82.5$                | $\eta < 0.1$        | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>            | N.P. <sup>(2)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 82.5$ |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |  |                          |                        |                        |                        |                        |              |                             |                     |  |                     |  |                                |                     |                                |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |                          |                        |                        |                        |                        |              |                             |                     |  |                     |  | Estado                         |                     |                                |
|  | $N_c$  | $N_c$                                      | $M_y$                    | $M_z$                  | $V_z$                  | $V_y$                  | $M_y V_z$              | $M_z V_y$    | $N M_y M_z$                 | $N M_y M_z V_y V_z$ | $M_t$                                  | $M_y V_z$           | $M_z V_y$                              |                                |                     |                                |
| N229/N231  | $\eta = 43.4$  | $\eta = 38.5$                              | x: 1.5 m<br>$\eta = 3.3$ | x: 3 m<br>$\eta = 2.1$ | x: 3 m<br>$\eta = 0.5$ | $\eta = 0.1$           | $\eta < 0.1$           | $\eta < 0.1$ | x: 1.714 m<br>$\eta = 47.5$ | $\eta < 0.1$        | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup>                    | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 47.5$ |                     |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |  |                          |                        |                        |                        |                        |              |                             |                     |  |                     |  |                                |                     |                                |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | V <sub>z</sub> | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.90 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 52.79 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 1802.93 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 7211.73 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 1802.93 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,t</sub>** : 352659.21 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 2536.58 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 2536.58 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 4183.98 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 2.700 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 5.400 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 3.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 9.80 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 6.93 cm  
**i<sub>z</sub>** : 6.93 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm  
**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$20.50 \leq 309.25 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{rc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \frac{164.00}{\text{mm}}$$

$$t_w : \frac{8.00}{\text{mm}}$$

$$A_w : \frac{26.24}{\text{cm}^2}$$

$$A_{rc,ef} : \frac{14.40}{\text{cm}^2}$$

$$k : \frac{0.30}{\text{mm}}$$

$$E : \frac{210000}{\text{MPa}}$$

$$f_{yf} : \frac{275.00}{\text{MPa}}$$

### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.342} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{472.36} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1382.62} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.477} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.794} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{660.18} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1382.62} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>m0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{831.60} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>m1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \underline{0.60}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

$$\phi_z : \underline{1.07}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.90}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.06}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1802.93} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{7211.73} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1802.93} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{352659.21} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.037} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 1.64 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 3.43 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>** : 93.05 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 355.26 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

**η** : 0.016 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 1.42 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 1.52 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>** : 93.05 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub>** : 355.26 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**η** : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.20 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 396.78 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 26.24 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 164.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**20.50 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 20.50

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

#### **Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{Usoforjados}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.28 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{401.48} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{26.55} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$22.50 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{22.50}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.00 \text{ kN} \leq 198.39 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.00} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{396.78} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.28 \text{ kN} \leq 200.74 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usforjados.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.28 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : 401.48 \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.515$  ✓

$\eta : 0.589$  ✓

$\eta : 0.825$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N229, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : 660.18 \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed} : 2.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} : 0.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd} : 1382.62 \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : 93.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : 93.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$A : 52.79 \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y} : 355.26 \text{ cm}^3$

$W_{pl,z} : 355.26 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1} : 1.05$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.14$

$k_z : 1.55$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : 1.00$

$C_{m,z} : 1.00$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \underline{0.60}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.90}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados.

$$1.00 \text{ kN} \leq 198.39 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.00} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{396.78} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.434} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{223.44} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{514.85} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{97.53} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{97.53} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00}$  MPa  
 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : \underline{0.35}$   
 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.177}$  ✓

$\eta : \underline{0.385}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{91.18}$  kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{514.85}$  kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 52.79 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{97.53}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.35}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{236.78}$  kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 52.79 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 97.53 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{97.53}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$k_{y,\theta} : \underline{0.35}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.80$

$\chi_z : 0.46$

$\chi_T : 1.00$

Siendo:

$\phi_y : 0.76$

$\phi_z : 1.39$

$\phi_T : 0.47$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\alpha_T : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 0.57$

$\bar{\lambda}_z : 1.15$

$\bar{\lambda}_T : 0.08$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,\theta} : 1.28$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 1802.93 \text{ kN}$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 7211.73 \text{ kN}$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 1802.93 \text{ kN}$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : 352659.21 \text{ kN}$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.033 \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N229, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 1.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N229, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 0.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 34.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 355.26 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 97.53 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 97.53 \text{ MPa}$

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.35</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.021 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H1.

 $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.12 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

 $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.74 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 34.65 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

 $W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 355.26 cm<sup>3</sup>

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 97.53 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 97.53 MPa

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta}$ : <u>0.35</u>      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u> |

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N231, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.70 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{147.75} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{26.24} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{97.53} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{97.53} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.35}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$20.50 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{20.50}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### **Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.11} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{149.50} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{26.55} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{52.79} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{97.53} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{97.53} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.35}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$22.50 < 64.71$$



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{22.50}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.69 \text{ kN} \leq 73.87 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{0.69} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : \underline{147.75} \text{ kN}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.11 \text{ kN} \leq 74.75 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{0.11} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : \underline{149.50} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.475}$  ✓

$\eta : \underline{0.008}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.714 m del nudo N229, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : \underline{223.44} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^- : \underline{0.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** :  $\underline{1}$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd} : \underline{514.85} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : \underline{34.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{34.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com} : \underline{355.26} \text{ cm}^3$

**A**: Área de la sección bruta.

**A** :  $\underline{52.79} \text{ cm}^2$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y} : \underline{34.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$$0.69 \text{ kN} \leq 73.87 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.69}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{147.75}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

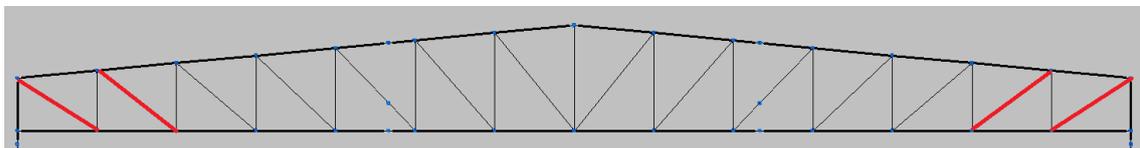


Figura 79 Diagonales extremas de la celosía.

Barra N221/N217

| Perfil: SHS 125x6.0<br>Material: Acero (S275)   |       |              |                           |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N221  | N217  | 3.606        | 27.61                     | 638.67   | 638.67   | 1037.13  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.00         | 1.00                      | 1.00   | 1.00   |  |
| L <sub>k</sub>  |       | 3.606        | 3.606                     | 3.606  | 3.606  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>i</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |
| Situación de incendio   |       |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 173.85 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 694.0 °C<br>Pintura intumescente: 1.4 mm  |       |              |                           |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |   |                        |   |                       |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                               | Estado              |                               |
|---|--|---|------------------------|---|-----------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|---|---|---|---|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
|   | λ̄   | λ̄ <sub>sw</sub>  | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>c</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> |                     | M <sub>c</sub> V <sub>y</sub> |
| N221/N217   | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                   | x: 0.225 m<br>λ̄ <sub>sw</sub> ≤ λ̄ <sub>sw, máx.</sub><br>Cumple | x: 3.606 m<br>η = 41.2 | x: 0 m<br>η = 98.5                            | x: 1.803 m<br>η = 1.2 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.2             | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.225 m<br>η < 0.1          | N.P. <sup>(3)</sup>                           | x: 1.803 m<br>η = 99.6                        | x: 0.225 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 99.6     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |   |                        |   |                       |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                               |                     |                               |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |   |                        |   |                       |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                               | Estado              |                               |
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>  | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>                                | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>c</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>c</sub> V <sub>y</sub>                 |                               |                     |                               |
| N221/N217   | x: 3.606 m<br>η = 75.5                               | x: 0 m<br>η = 86.8  | x: 1.803 m<br>η = 3.4  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.6     | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.225 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>                           | x: 1.803 m<br>η = 92.3         | x: 0.225 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>                           | N.P. <sup>(5)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>η = 92.3     |                     |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |   |                        |   |                       |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                               |                     |                               |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flexor V y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>c</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flexor Y y fuerza cortante Z combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y torsión combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, torsión y esfuerzo cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>c</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>λ̄: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |   |                        |   |                       |   |                               |   |                                |   |   |   |   |                               |                     |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ̄ : **0.86** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 27.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 1018.24 kN

El axil crítico de pandeo elástico N<sub>cr</sub> es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 1018.24 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 1018.24 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,t</sub> :** 181591.60 kN

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\frac{638.67}{}$ cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\frac{638.67}{}$ cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\frac{1037.13}{}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ cm <sup>6</sup>    |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                          |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa                           |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{3.606}{}$ m                |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{3.606}{}$ m                |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{3.606}{}$ m                |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : $\frac{6.80}{}$ cm                 |

Siendo:

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{4.81}{}$ cm | <b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{4.81}{}$ cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm | <b>z<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$18.83 \leq 308.04 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |  |
|---|--|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : $\frac{113.00}{}$ mm                |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : $\frac{6.00}{}$ mm                  |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : $\frac{13.56}{}$ cm <sup>2</sup>    |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : $\frac{7.50}{}$ cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : $\frac{0.30}{}$                                 |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                           |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa              |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.412 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N217, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \frac{297.63}{}$$
 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \frac{723.15}{}$$
 kN

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** :  $\frac{27.61}{}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** :  $\frac{261.90}{}$  MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** :  $\frac{275.00}{}$  MPa  
**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** :  $\frac{1.05}{}$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

**η** :  $\frac{0.613}{}$  ✓

**η** :  $\frac{0.985}{}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N221, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub>** :  $\frac{443.47}{}$  kN

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub>** :  $\frac{723.15}{}$  kN

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** :  $\frac{1}{}$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** :  $\frac{27.61}{}$  cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** :  $\frac{261.90}{}$  MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** :  $\frac{275.00}{}$  MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** :  $\frac{1.05}{}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub>** :  $\frac{450.08}{}$  kN

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** :  $\frac{27.61}{}$  cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** :  $\frac{261.90}{}$  MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** :  $\frac{275.00}{}$  MPa

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** :  $\frac{1.05}{}$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** :  $\frac{0.62}{}$

**χ<sub>z</sub>** :  $\frac{0.62}{}$

Siendo:

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

- $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.
- $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.
- $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\chi_T : 1.00$$

$$\phi_y : 1.04$$

$$\phi_z : 1.04$$

$$\phi_T : 0.47$$

$$\alpha_y : 0.49$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\alpha_T : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.86$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.86$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.06$$

$$N_{cr} : 1018.24 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 1018.24 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 1018.24 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : 181591.60 \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.012 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.803 m del nudo N221, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 33.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 127.56 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N221, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.43} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{205.04} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{13.56} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{113.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$18.83 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.83}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.38 \text{ kN} \leq 102.52 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N221, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.38 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd} : 205.04 \text{ kN}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.620$  ✓

$\eta : 0.996$  ✓

$\eta : 0.992$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.803 m del nudo N221, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : 443.30 \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+ : 0.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd} : 723.15 \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : 33.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : 33.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 27.61 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y} : 127.56 \text{ cm}^3$

$W_{pl,z} : 127.56 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1} : 1.05$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.65$

$$k_z : \underline{1.65}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.62}$$

$$\chi_z : \underline{0.62}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.86}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.86}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N221, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$$0.38 \text{ kN} \leq 102.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.38} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{205.04} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.755} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N217, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{139.90} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{185.32} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A :** 27.61 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 67.12 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 67.12 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.24

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.401 ✓

**η :** 0.868 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N221, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub> :** 74.28 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub> :** 185.32 kN

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 27.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 67.12 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 67.12 MPa

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>:** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>y,θ</sub> :** 0.24

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub> :** 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :** 85.55 kN

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 27.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 67.12 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 67.12$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.24$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.46$

$\chi_z : 0.46$

$\chi_T : 1.00$

Siendo:

$\phi_y : 1.38$

$\phi_z : 1.38$

$\phi_T : 0.48$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\alpha_T : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 1.14$

$\bar{\lambda}_z : 1.14$

$\bar{\lambda}_T : 0.09$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,\theta} : 1.32$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 1018.24$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 1018.24$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 1018.24$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : 181591.60$  kN

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.034$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.803 m del nudo N221, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.29$  kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 0.00$  kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 8.56$  kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 127.56$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 67.12$  MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$  : 67.12 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$  : 0.24 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

 $\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N221, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.32 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por: $V_{c,Rd}$  : 52.55 kN

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante. $A_v$  : 13.56 cm<sup>2</sup>

Siendo:

 $d$ : Altura del alma. $d$  : 113.00 mm $t_w$ : Espesor del alma. $t_w$  : 6.00 mm $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$  : 67.12 MPa

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$  : 67.12 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$  : 0.24 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$  : 1.00**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$18.83 < 64.71$$



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.83}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### **Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.28 \text{ kN} \leq 26.27 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N221, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.28} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{52.55} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.433}$$



$$\eta : \underline{0.923}$$



$$\eta : \underline{0.900}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.803 m del nudo N221, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

Donde:

|   |  |
|---|--|
| $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  | $N_{c,Ed}$ : <u>74.07</u> kN   |
| $M_{y,Ed}$ , $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  | $M_{y,Ed}^+$ : <u>0.29</u> kN·m<br>$M_{z,Ed}^+$ : <u>0.00</u> kN·m                       |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>  |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd}$ : <u>185.32</u> kN   |
| $M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                       | $M_{pl,Rd,y}$ : <u>8.56</u> kN·m<br>$M_{pl,Rd,z}$ : <u>8.56</u> kN·m                     |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |  |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>27.61</u> cm <sup>2</sup>  |
| $W_{pl,y}$ , $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                         | $W_{pl,y}$ : <u>127.56</u> cm <sup>3</sup><br>$W_{pl,z}$ : <u>127.56</u> cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd}$ : <u>67.12</u> MPa  |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.   | $f_{y,\theta}$ : <u>67.12</u> MPa                                  |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa  |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  | $k_{y,\theta}$ : <u>0.24</u>                                       |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.   | $\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>                                  |
| $k_y$ , $k_z$ : Coeficientes de interacción.   | $k_y$ : <u>1.69</u><br>$k_z$ : <u>1.69</u>                         |
| $C_{m,y}$ , $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y}$ : <u>1.00</u><br>$C_{m,z}$ : <u>1.00</u>                 |
| $\chi_y$ , $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                    | $\chi_y$ : <u>0.46</u><br>$\chi_z$ : <u>0.46</u>                   |
| $\bar{\lambda}_y$ , $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. | $\bar{\lambda}_y$ : <u>1.14</u><br>$\bar{\lambda}_z$ : <u>1.14</u> |
| $\alpha_y$ , $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y$ : <u>0.60</u><br>$\alpha_z$ : <u>0.60</u>               |

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N221, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$0.28 \text{ kN} \leq 26.27 \text{ kN}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z} : 0.28 \text{ kN}$   
 $V_{c,Rd,z} : 52.55 \text{ kN}$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

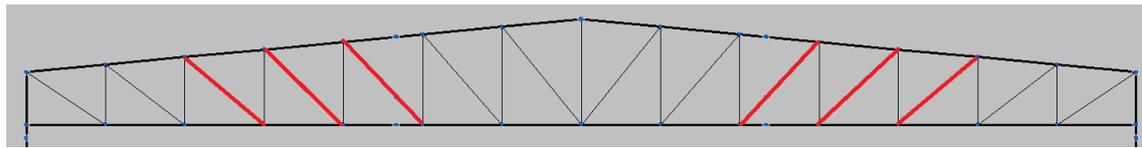


Figura 80 Diagonales medias de la celosía.

Barra N225/N224

| Perfil: SHS 120x6.0                                    |  | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|--|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|  | Nudos  |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|  | Inicial  | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|  | N225   | N224                   | 3.951                     | 26.41                   | 560.06   | 560.06   | 912.50   |
|  | Notas:   |                        |                           |                         |  |  |  |
|  | <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado      |                        |                           |                         |  |  |  |
|  | <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|  |  |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |
|  |  |                        | Plano XY                  | Plano XZ                | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
|  | $\beta$  | 1.00                   | 1.00                      | 1.00                    | 1.00   | 1.00   |  |
|  | $L_k$  | 3.951                  | 3.951                     | 3.951                   | 3.951  | 3.951  |  |
| $C_m$  | 1.000  | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   | 1.000  |  |  |
| $C_1$  | -  |                        |                           | 1.000                   |  |  |  |
| Notación:  |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $\beta$ : Coeficiente de pandeo                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $L_k$ : Longitud de pandeo (m)                         |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $C_m$ : Coeficiente de momentos                        |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>                           |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90                            |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Factor de forma: 174.17 m <sup>-1</sup>                |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 695.0 °C                 |  |                        |                           |                         |  |  |  |
| Pintura intumescente: 1.4 mm                           |  |                        |                           |                         |  |  |  |

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |   |                             |                         |                            |   |                        |   |                               |                               |                                |   |   |                               | Estado              |                                |
|-----------|---|---|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
|           | $\bar{\lambda}$                                     | $\bar{\lambda}_{pl}$                                    | N <sub>t</sub>              | N <sub>c</sub>          | M <sub>y</sub>             | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>         | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>t</sub> |                     | M <sub>z</sub> V <sub>t</sub>  |
| N225/N224 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                     | x: 0.247 m<br>$\bar{\lambda}_{pl} \leq 3.951$<br>Cumple | x: 3.951 m<br>$\eta = 17.0$ | x: 0 m<br>$\eta = 49.6$ | x: 1.976 m<br>$\eta = 1.3$ | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 0.2$ | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.247 m<br>$\eta < 0.1$    | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 1.976 m<br>$\eta = 50.6$    | x: 0.247 m<br>$\eta < 0.1$                    | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 50.6$ |

Comprobaciones que no proceden (SE-A.3):  
 (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.  
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
 (3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
 (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
 (5) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                    |                       |   |                   |   |                               |                               |                                |                                |   |                               |                               | Estado                    |
|---|--|--------------------|-----------------------|---|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>z</sub> M <sub>y</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>t</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>t</sub> |                           |
| N225/N224   | x: 3.951 m<br>η = 31.5                               | x: 0 m<br>η = 45.4 | x: 1.976 m<br>η = 3.9 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(5)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.6 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(5)</sup> | x: 0.247 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 1.976 m<br>η = 50.3         | x: 0.247 m<br>η < 0.1          | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(5)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 50.3 |
| <small>Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br/>                     - La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br/>                     - La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br/>                     - No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     - La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br/>                     - No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</small>   |  |                    |                       |   |                   |   |                               |                               |                                |                                |   |                               |                               |                           |
| <small>Notación:<br/>                     N: Resistencia a tracción<br/>                     N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión<br/>                     M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y<br/>                     M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z<br/>                     V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y<br/>                     V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z<br/>                     M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br/>                     M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br/>                     NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados<br/>                     NM<sub>z</sub>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br/>                     M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión<br/>                     M<sub>y</sub>V<sub>t</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br/>                     M<sub>z</sub>V<sub>t</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br/>                     η: Distancia al origen de la barra<br/>                     α: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br/>                     N.P.: No procede</small> |  |                    |                       |   |                   |   |                               |                               |                                |                                |   |                               |                               |                           |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.99 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 26.41 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 743.52 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 743.52 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 743.52 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,t</sub>** : 174275.33 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 560.06 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 560.06 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 912.50 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 3.951 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 3.951 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 3.951 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 6.51 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 4.60 cm

**i<sub>z</sub>** : 4.60 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$18.00 \leq 307.36 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \frac{108.00}{\text{mm}}$$

$$t_w : \frac{6.00}{\text{mm}}$$

$$A_w : \frac{12.96}{\text{cm}^2}$$

$$A_{fc,ef} : \frac{7.20}{\text{cm}^2}$$

$$k : \frac{0.30}{\text{cm}^2}$$

$$E : \frac{210000}{\text{MPa}}$$

$$f_{yf} : \frac{275.00}{\text{MPa}}$$

### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.170} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N224, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{117.69} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{691.72} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{26.41} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.271} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.496} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{187.46} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{691.72} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{26.41} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{378.18} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{26.41} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.55}$$

$$\chi_z : \underline{0.55}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.18}$$

$$\phi_z : \underline{1.18}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.99}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.99}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.06}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{743.52} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{743.52} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{743.52} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{174275.33} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.013} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.976 m del nudo N225, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 30.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 117.07 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : 1.05$

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.002$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.41 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : 195.97 \text{ kN}$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v : 12.96 \text{ cm}^2$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$d : 108.00 \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w : 6.00 \text{ mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : 1.05$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$18.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### **Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.36 \text{ kN} \leq 97.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.247 m del nudo N225, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.36} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{195.97} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.279} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.506} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.502} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.976 m del nudo N225, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

|   |  |
|---|--|
| $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  | $N_{c,Ed}$ : <u>187.26</u> kN  |
| $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.   | $M_{y,Ed}^+$ : <u>0.24</u> kN·m<br>$M_{z,Ed}^+$ : <u>0.00</u> kN·m                       |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>  |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd}$ : <u>691.72</u> kN   |
| $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                          | $M_{pl,Rd,y}$ : <u>30.66</u> kN·m<br>$M_{pl,Rd,z}$ : <u>30.66</u> kN·m                   |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |  |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>26.41</u> cm <sup>2</sup>  |
| $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                            | $W_{pl,y}$ : <u>117.07</u> cm <sup>3</sup><br>$W_{pl,z}$ : <u>117.07</u> cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd}$ : <u>261.90</u> MPa   |

Siendo:

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)              | $f_y$ : <u>275.00</u> MPa   |
| $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M1}$ : <u>1.05</u> |

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.39}$$

$$k_z : \underline{1.39}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.55}$$

$$\chi_z : \underline{0.55}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.99}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.99}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.247 m del nudo N225, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras}$ .

$$0.36 \text{ kN} \leq 97.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| $V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | $V_{Ed,z}$ : <u>0.36</u> kN     |
| $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | $V_{c,Rd,z}$ : <u>195.97</u> kN |

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.315} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N224, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{55.47} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{26.41} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{66.70} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{66.70} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.24}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.175} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.454} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \underline{30.81} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 26.41 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{66.70} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{66.70} \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.24}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{67.81} \text{ kN}$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 26.41 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{66.70} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{66.70} \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.24}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{0.38}$

$\chi_z : \underline{0.38}$

$\chi_T : \underline{1.00}$

Siendo:

$\phi_y : \underline{1.63}$

$\phi_z : \underline{1.63}$

$\phi_T : \underline{0.48}$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

$\alpha_T : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : \underline{1.31}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{1.31}$

$\bar{\lambda}_T : \underline{0.09}$

$k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\alpha,\theta} : \underline{1.32}$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{743.52} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{743.52} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{743.52} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{174275.33} \text{ kN}$$

### Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.039} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.976 m del nudo N225, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{7.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{117.07} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{66.70} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{66.70} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.24}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.31} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{49.91} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{12.96} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{108.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{66.70} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{66.70} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.24}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$18.00 < 64.71$$



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.27 \text{ kN} \leq 24.95 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.247 m del nudo N225, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.27 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 49.91 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.212 ✓

$\eta$  : 0.503 ✓

$\eta$  : 0.482 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.976 m del nudo N225, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 30.55 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.30 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 176.17 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 7.81 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 7.81 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 26.41 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 117.07 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 117.07 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 66.70 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 66.70 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.24

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.36$

$k_z : 1.36$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : 1.00$

$C_{m,z} : 1.00$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y : 0.38$

$\chi_z : 0.38$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : 1.31$

$\bar{\lambda}_z : 1.31$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y : 0.60$

$\alpha_z : 0.60$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.247 m del nudo N225, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$0.27 \text{ kN} \leq 24.95 \text{ kN}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : 0.27 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : 49.91 \text{ kN}$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

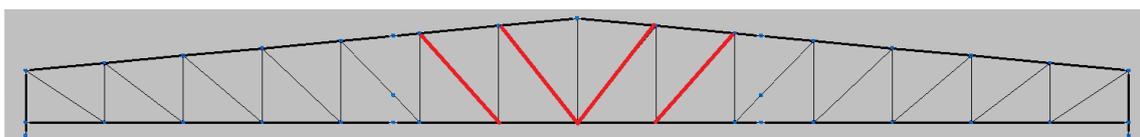


Figura 81 Diagonales internas de la celosía.

Barra N83/N95

**Perfil: SHS 90x6.0**  
**Material: Acero (S275)**

| Nudos   | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |        |
|---------|--------------|---------------------------|--|--|--|--------|
|         |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |        |
| Inicial | Final        |                           |  |  |  |        |
| N83     | N95          | 4.775                     | 19.21  | 219.08   | 219.08   | 366.92 |

Notas:  
(1) Inercia respecto al eje indicado  
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

|                | Pandeo   |          | Pandeo lateral |          |
|----------------|----------|----------|----------------|----------|
|                | Plano XY | Plano XZ | Ala sup.       | Ala inf. |
| β              | 1.00     | 1.00     | 1.00           | 1.00     |
| L <sub>K</sub> | 4.775    | 4.775    | 4.775          | 4.775    |
| C <sub>m</sub> | 1.000    | 1.000    | 1.000          | 1.000    |
| C <sub>1</sub> | -        |          | 1.000          |          |

Notación:  
β: Coeficiente de pandeo  
L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)  
C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos  
C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico

**Situación de incendio**  
Resistencia requerida: R 90  
Factor de forma: 177.00 m-1  
Temperatura máx. de la barra: 614.5 °C  
Pintura intumescente: 1.8 mm

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |  |                        |                    |                       |                                   |                   |                                   |                               |                               |                                |   |                                   | Estado  |                               |                               |
|---------|---|--|------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|
|         | λ̄  | λ̄ <sub>w</sub>  | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                    | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                    |         | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N83/N95 | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                  | x: 0.298 m<br>λ̄ <sub>w</sub> < λ̄ <sub>w,cr,0.5</sub><br>Cumple | x: 4.775 m<br>η = 13.0 | x: 0 m<br>η = 73.6 | x: 2.387 m<br>η = 2.1 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P.(1) | x: 0 m<br>η = 0.2 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P.(2) | x: 0.298 m<br>η < 0.1         | N.P.(3)                       | x: 2.387 m<br>η = 76.7         | x: 0.298 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(5)                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 76.7     |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                    |                       |                                   |                   |                                   |                               |                               |                                |   |                                   |                               |                               | Estado                    |
|---------|--|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|         | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                    | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                    | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                    | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N83/N95 | x: 4.775 m<br>η = 5.4                                | x: 0 m<br>η = 87.2 | x: 2.387 m<br>η = 3.5 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P.(1) | x: 0 m<br>η = 0.3 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P.(2) | x: 0.298 m<br>η < 0.1         | N.P.(3)                       | x: 2.387 m<br>η = 92.5         | x: 0.298 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P.(4) | N.P.(5)                       | N.P.(5)                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 92.5 |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:  
N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z  
V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y  
M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axial combinados  
NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axial y cortante combinados  
M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ̄ : **1.63** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 19.21 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 199.19 kN

El axil crítico de pandeo elástico N<sub>cr</sub> es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 199.19 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 199.19 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{130306.07} \text{ kN}$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\underline{219.08}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\underline{219.08}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\underline{366.92}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\underline{0.00}$ cm <sup>6</sup>   |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\underline{210000}$ MPa                         |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\underline{81000}$ MPa                          |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\underline{4.775}$ m               |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\underline{4.775}$ m               |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\underline{4.775}$ m               |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : $\underline{4.78}$ cm                |

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\underline{3.38}$ cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : $\underline{3.38}$ cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : $\underline{0.00}$ mm |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : $\underline{0.00}$ mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$13.00 \leq 301.61 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> : $\underline{78.00}$ mm                 |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> : $\underline{6.00}$ mm                  |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> : $\underline{9.36}$ cm <sup>2</sup>     |
| <b>A<sub>rc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>rc,ef</sub></b> : $\underline{5.40}$ cm <sup>2</sup> |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> : $\underline{0.30}$                                 |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> : $\underline{210000}$ MPa                           |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> : $\underline{275.00}$ MPa              |

Siendo:

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.130} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N95, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Peso gradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(0°)H3.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{65.41} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{503.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{19.21} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.203} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.736} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 1.35 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{102.27} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{503.15} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{19.21} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{139.01} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{19.21} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.28}$$

$$\chi_z : \underline{0.28}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \phi_y &: 2.18 \\ \phi_z &: 2.18 \\ \phi_T &: 0.47 \end{aligned}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\begin{aligned} \alpha_y &: 0.49 \\ \alpha_z &: 0.49 \\ \alpha_T &: 0.49 \end{aligned}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &: 1.63 \\ \bar{\lambda}_z &: 1.63 \\ \bar{\lambda}_T &: 0.06 \end{aligned}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$\begin{aligned} N_{cr} &: 199.19 \text{ kN} \\ N_{cr,y} &: 199.19 \text{ kN} \\ N_{cr,z} &: 199.19 \text{ kN} \\ N_{cr,T} &: 130306.07 \text{ kN} \end{aligned}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.021 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.387 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 16.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 63.61 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : 1.05$$

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.002 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.30 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 141.53 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 9.36 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 78.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 6.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{mo}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**13.00 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 13.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**0.26 kN ≤ 70.77 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.298 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.26 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 141.53 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.224 ✓

$\eta$  : 0.767 ✓

$\eta$  : 0.753 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.387 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 101.90 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.36 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 503.15 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 16.66 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 16.66 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 19.21 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 63.61 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 63.61 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$  : 1.59

$k_z$  : 1.59

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$  : 1.00

$C_{m,z}$  : 1.00

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$  : 0.28

$\chi_z$  : 0.28

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$  : 1.63

$\bar{\lambda}_z$  : 1.63

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$  : 0.60

$\alpha_z$  : 0.60

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.298 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$0.26 \text{ kN} \leq 70.77 \text{ kN}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z} : \underline{0.26} \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z} : \underline{141.53} \text{ kN}$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.054}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N95, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : \underline{12.47} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} : \underline{230.00} \text{ kN}$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$A : \underline{19.21} \text{ cm}^2$

$f_{yd} : \underline{119.72} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{119.72} \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.167} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.872} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{38.47} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{230.00} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{19.21} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{44.11} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{19.21} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

 $\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.19}$$

|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
|   | $\chi_z$ :            | <u>0.19</u>         |
|   | $\chi_T$ :            | <u>1.00</u>         |
| Siendo:   | $\phi_y$ :            | <u>3.00</u>         |
|   | $\phi_z$ :            | <u>3.00</u>         |
|   | $\phi_T$ :            | <u>0.47</u>         |
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  | $\alpha_y$ :          | <u>0.49</u>         |
|   | $\alpha_z$ :          | <u>0.49</u>         |
|   | $\alpha_T$ :          | <u>0.49</u>         |
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  | $\bar{\lambda}_y$ :   | <u>2.03</u>         |
|   | $\bar{\lambda}_z$ :   | <u>2.03</u>         |
|   | $\bar{\lambda}_T$ :   | <u>0.08</u>         |
| $k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\alpha,\theta}$ : | <u>1.24</u>         |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                 | $N_{cr}$ :            | <u>199.19</u> kN    |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                   | $N_{cr,y}$ :          | <u>199.19</u> kN    |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                   | $N_{cr,z}$ :          | <u>199.19</u> kN    |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.   | $N_{cr,T}$ :          | <u>130306.07</u> kN |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.035 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.387 m del nudo N83, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.26 kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 7.62 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 63.61 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 119.72 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 119.72 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.44

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{64.70} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{9.36} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{78.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$13.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.19 \text{ kN} \leq 32.35 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.298 m del nudo N83, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.19 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 64.70 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.201 ✓

$\eta$  : 0.925 ✓

$\eta$  : 0.901 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.387 m del nudo N83, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 38.19 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.26 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 230.00 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 7.62 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 7.62 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 19.21 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{63.61} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{63.61} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{119.72} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.44}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.69}$$

$$k_z : \underline{1.69}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.19}$$

$$\chi_z : \underline{0.19}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{2.03}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{2.03}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.298 m del nudo N83, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$$0.19 \text{ kN} \leq 32.35 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.19} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{64.70} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

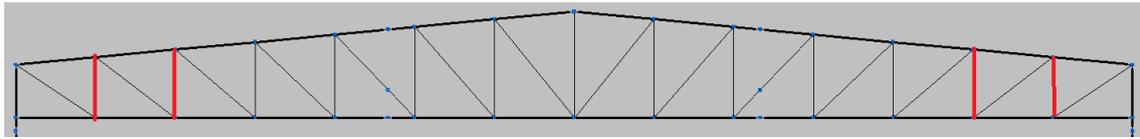


Figura 82 Montantes extremos de la celosía.

Barra N174/N175

| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|---------|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Inicial | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N174    | N175  | 2.286        | 16.54                     | 305.28   | 305.28   | 486.28   |

|                | Pandeo   |          | Pandeo lateral |          |
|----------------|----------|----------|----------------|----------|
|                | Plano XY | Plano XZ | Ala sup.       | Ala inf. |
| β              | 1.00     | 1.00     | 1.00           | 1.00     |
| L <sub>k</sub> | 2.286    | 2.286    | 2.286          | 2.286    |
| C <sub>m</sub> | 1.000    | 1.000    | 1.000          | 1.000    |
| C <sub>1</sub> | -        |          | 1.000          |          |

Notas:  
<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado  
<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme

Notación:  
 β: Coeficiente de pandeo  
 L<sub>k</sub>: Longitud de pandeo (m)  
 C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos  
 C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico

**Situación de incendio**  
 Resistencia requerida: R 90  
 Factor de forma: 258.01 m<sup>-1</sup>  
 Temperatura máx. de la barra: 675.0 °C  
 Pintura intumescente: 2.2 mm

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |                     |                        |                    |   |   |   |   |   |                                  |                                  |                     |                     |  | Estado              |                                 |                                 |
|-----------|---|---------------------|------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|           | λ̄  | λ <sub>cr</sub>     | N <sub>cr</sub>        | N <sub>cr</sub>    | M <sub>cr</sub>                               | M <sub>cr</sub>                               | V <sub>cr</sub>                               | V <sub>cr</sub>                               | V <sub>cr</sub>                               | M <sub>cr</sub> /V <sub>cr</sub> | M <sub>cr</sub> /V <sub>cr</sub> | NM/Mz               | NM/Mz/Vz            | M <sub>t</sub>                               |                     | M <sub>t</sub> /V <sub>cr</sub> | M <sub>t</sub> /V <sub>cr</sub> |
| N174/N175 | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                  | N.P. <sup>(1)</sup> | x: 2.286 m<br>η = 51.3 | x: 0 m<br>η = 48.3 | M <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | M <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>              | N.P. <sup>(4)</sup>              | N.P. <sup>(5)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup> | M <sub>t</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(6)</sup> | N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(7)</sup>             | <b>CUMPLE<br/>η = 51.3</b>      |

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                    |   |   |   |   |                                  |                                  |                     |                     |  |                                 |                                 |                            | Estado |
|-----------|--|--------------------|---|---|---|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------|
|           | N <sub>cr</sub>                                      | N <sub>cr</sub>    | M <sub>cr</sub>                               | M <sub>cr</sub>                               | V <sub>cr</sub>                               | V <sub>cr</sub>                               | M <sub>cr</sub> /V <sub>cr</sub> | M <sub>cr</sub> /V <sub>cr</sub> | NM/Mz               | NM/Mz/Vz            | M <sub>t</sub>                               | M <sub>t</sub> /V <sub>cr</sub> | M <sub>t</sub> /V <sub>cr</sub> |                            |        |
| N174/N175 | x: 2.286 m<br>η = 26.3                               | x: 0 m<br>η = 86.5 | M <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | M <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | V <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>cr</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup>              | N.P. <sup>(3)</sup>              | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup> | M <sub>t</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(6)</sup> | N.P. <sup>(7)</sup>             | N.P. <sup>(7)</sup>             | <b>CUMPLE<br/>η = 86.5</b> |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ̄ : 0.61 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 16.54 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 1211.08 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 1211.08 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 1211.08 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{106693.04} \text{ kN}$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\underline{305.28}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\underline{305.28}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\underline{486.28}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\underline{0.00}$ cm <sup>6</sup>   |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\underline{210000}$ MPa                         |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\underline{81000}$ MPa                          |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\underline{2.286}$ m               |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\underline{2.286}$ m               |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\underline{2.286}$ m               |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : $\underline{6.08}$ cm                |

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\underline{4.30}$ cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : $\underline{4.30}$ cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : $\underline{0.00}$ mm |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : $\underline{0.00}$ mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.513} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N175, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{222.06} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{433.15} \text{ kN}$$

Donde:

|  |  |
|--|--|
| <b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra. | <b>A</b> : $\underline{16.54}$ cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.    | <b>f<sub>yd</sub></b> : $\underline{261.90}$ MPa |

Siendo:

|  |   |
|--|---|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : $\underline{275.00}$ MPa |
| <b>γ<sub>MO</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>MO</sub></b> : $\underline{1.05}$      |

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.375} \quad \checkmark$$

$\eta$  : 0.483 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 162.55 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 433.15 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 16.54 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 336.89 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 16.54 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.78

$\chi_z$  : 0.78

$\chi_T$  : 1.00

Siendo:

$\phi_y$  : 0.79

$\phi_z$  : 0.79

$\phi_T$  : 0.47

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.49

$\alpha_z$  : 0.49

$\alpha_T$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  : 0.61

$\bar{\lambda}_z$  : 0.61

$\bar{\lambda}_T$  : 0.07

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 1211.08 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 1211.08 kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : 1211.08 kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  : 106693.04 kN

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.263$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N175, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed} : 34.77$  kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} : 132.06$  kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A : 16.54$  cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 79.85$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 79.85$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.29$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.573$  ✓

$\eta$  : 0.865 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N174, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H4.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 75.66 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 132.06 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 16.54 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 79.85 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 79.85 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.29

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 87.48 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 16.54 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 79.85 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 79.85 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.29

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.66

$\chi_z$  : 0.66

$\chi_T$  : 1.00

Siendo:

$\phi_y$  : 0.97

$\phi_z$  : 0.97

$\phi_T$  : 0.48

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.49

$\alpha_z$  : 0.49

$\alpha_T$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  : 0.80

$\bar{\lambda}_z$  : 0.80

|   |                            |
|---|----------------------------|
| $k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $\bar{\lambda}_T$ : 0.09   |
|   | $k_{\alpha,\theta}$ : 1.30 |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:                 | $N_{cr}$ : 1211.08 kN      |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                                   | $N_{cr,y}$ : 1211.08 kN    |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                                   | $N_{cr,z}$ : 1211.08 kN    |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.   | $N_{cr,T}$ : 106693.04 kN  |

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)  
 La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)  
 La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)  
 La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)  
 La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)  
 La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)  
 No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

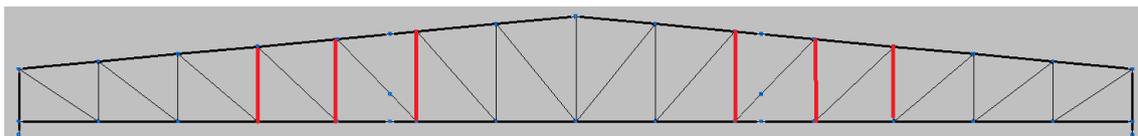


Figura 83 Montantes medios de la celosía.

Barra N148/N149

|   |   |          |                |                           |  |  |  |
|---|---|----------|----------------|---------------------------|--|--|--|
| <b>Perfil: SHS 100x4.0</b>  |   |          |                |                           |  |  |  |
| <b>Material: Acero (S275)</b>   |   |          |                |                           |  |  |  |
|   | Nudos   |          | Longitud (m)   | Características mecánicas |  |  |  |
|   | Inicial   | Final    |                | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N148  | N149     | 2.857          | 14.94                     | 225.78   | 225.78   | 361.82   |
|   | Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme |          |                |                           |  |  |  |
|   | Pandeo  |          | Pandeo lateral |                           |  |  |  |
|   |   | Plano XY | Plano XZ       | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |
|   | β   | 1.00     | 1.00           | 1.00                      | 1.00   |  |  |
|   | L <sub>K</sub>  | 2.857    | 2.857          | 2.857                     | 2.857  |  |  |
|   | C <sub>m</sub>  | 1.000    | 1.000          | 1.000                     | 1.000  |  |  |
|   | C <sub>1</sub>  | -        |                | 1.000                     |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |          |                |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |   |          |                |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 258.87 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 676.0 °C<br>Pintura intumescente: 2.2 mm  |   |          |                |                           |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                     |  |  |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |                               | Estado              |                               |
|--|--|---------------------|--|--|--|--|--|--|--------------------------------|--|--|--|--|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{w}$       | N <sub>t</sub>                                 | N <sub>c</sub>                                 | M <sub>y</sub>                                 | M <sub>z</sub>                                 | V <sub>z</sub>                                 | V <sub>y</sub>                                 | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                 | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |                     | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N148/N149  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | N.P. <sup>(1)</sup> | x: 2.857 m<br>η = 27.7                         | x: 0 m<br>η = 30.1                             | M <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | M <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>            | N.P. <sup>(4)</sup>  | N.P. <sup>(5)</sup>                            | N.P. <sup>(6)</sup>  | M <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup>           | N.P. <sup>(8)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 30.1     |
| <small>Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br/>                     (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br/>                     (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br/>                     (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzos cortantes.<br/>                     (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     (5) No hay interacción entre momento flector y momento flector en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     (6) No hay interacción entre momento flector, axil y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br/>                     (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</small>   |  |                     |  |  |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |                               |                     |                               |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                     |  |  |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |                               | Estado              |                               |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>      | M <sub>y</sub>                                 | M <sub>z</sub>                                 | V <sub>z</sub>                                 | V <sub>y</sub>                                 | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                  | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                 | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>                  |                               |                     |                               |
| N148/N149  | x: 2.857 m<br>η = 15.3                               | x: 0 m<br>η = 59.8  | M <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | M <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | V <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup>                            | N.P. <sup>(3)</sup>                            | N.P. <sup>(4)</sup>            | N.P. <sup>(5)</sup>  | M <sub>EEd</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(6)</sup> | N.P. <sup>(7)</sup>  | N.P. <sup>(7)</sup>                            | <b>CUMPLE</b><br>η = 59.8     |                     |                               |
| <small>Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br/>                     (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br/>                     (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzos cortantes.<br/>                     (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     (4) No hay interacción entre momento flector y momento flector en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     (5) No hay interacción entre momento flector, axil y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br/>                     (6) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br/>                     (7) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</small>   |  |                     |  |  |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |                               |                     |                               |
| <small>Notación:<br/>                     N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción<br/>                     N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión<br/>                     M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y<br/>                     M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z<br/>                     V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y<br/>                     V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z<br/>                     M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br/>                     M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br/>                     NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados<br/>                     NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br/>                     M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión<br/>                     M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br/>                     M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br/>                     x: Distancia al origen de la barra<br/>                     η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br/>                     N.P.: No procede.</small> |  |                     |  |  |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |                               |                     |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.85** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase:** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A:** 14.94 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>:** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>:** 573.25 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>:** 573.25 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>:** 573.25 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{96952.93} \text{ kN}$$

Donde:

|  |  |
|--|--|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : <u>225.78</u> cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : <u>225.78</u> cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : <u>361.82</u> cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : <u>0.00</u> cm <sup>6</sup>   |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : <u>210000</u> MPa                         |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : <u>81000</u> MPa                          |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : <u>2.857</u> m               |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : <u>2.857</u> m               |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : <u>2.857</u> m               |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : <u>5.50</u> cm                |

Siendo:

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : <u>3.89</u> cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : <u>3.89</u> cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : <u>0.00</u> mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.277} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N149, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{108.51} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{391.24} \text{ kN}$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra. | <b>A</b> : <u>14.94</u> cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.    | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>γ<sub>Mo</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>Mo</sub></b> : <u>1.05</u>      |

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.190} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.301} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N148, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{74.52} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{391.24} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{14.94} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{247.65} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{14.94} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.63}$$

$$\chi_z : \underline{0.63}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.02}$$

$$\phi_z : \underline{1.02}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.85}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.85}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.07}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr}$  : 573.25 kN

$N_{cr,y}$  : 573.25 kN

$N_{cr,z}$  : 573.25 kN

$N_{cr,T}$  : 96952.93 kN

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.153 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N149, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 18.13 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{118.17} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 **$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{14.94} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{79.11} \text{ MPa}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{79.11} \text{ MPa}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**$k_{y,\theta}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.29}$$

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.288} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.598} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N148, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

**$N_{c,Ed}$ :** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{34.00} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{118.17} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{14.94} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{79.11} \text{ MPa}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{79.11} \text{ MPa}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**$k_{y,\theta}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.29}$$

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{56.88} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{14.94} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{79.11} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{79.11} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.29}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.48}$$

$$\chi_z : \underline{0.48}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.33}$$

$$\phi_z : \underline{1.33}$$

$$\phi_T : \underline{0.48}$$

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄**: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.11}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.11}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.09}$$

**k<sub>λ,θ</sub>**: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.31}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{573.25} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{573.25} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{573.25} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{96952.93} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

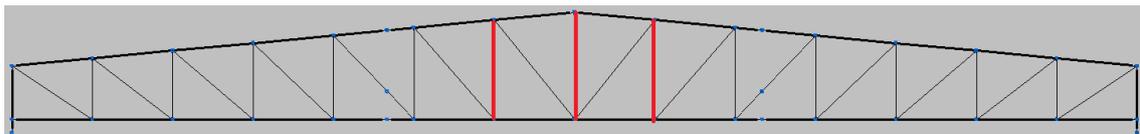


Figura 84 Montantes internos de la celosía.

Barra N113/N100

| Nudos   |          | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|---|----------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Inicial   | Final    |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N113  | N100     | 4.000        | 21.61                     | 309.86   | 309.86   | 513.26   |
| Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme   |          |              |                           |  |  |  |
|   | Pandeo   |              | Pandeo lateral            |  |  |  |
|   | Plano XY | Plano XZ     | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |
| β   | 1.00     | 1.00         | 1.00                      | 1.00   |  |  |
| L <sub>k</sub>  | 4.000    | 4.000        | 4.000                     | 4.000  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000    | 1.000        | 1.000                     | 1.000  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -        |              | 1.000                     |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |          |              |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |          |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90   |          |              |                           |  |  |  |
| Factor de forma: 175.85 m <sup>-1</sup>   |          |              |                           |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 698.0 °C  |          |              |                           |  |  |  |
| Pintura intumescente: 1.4 mm  |          |              |                           |  |  |  |

| Barra     | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |                     |                    |                    |   |   |   |   |                               |                               |                                |   |   | Estado              |                               |
|-----------|---|---------------------|--------------------|--------------------|---|---|---|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|---------------------|-------------------------------|
|           | λ̄  | λ <sub>w</sub>      | N <sub>t</sub>     | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>z</sub> M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                     | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |
| N113/N100 | λ̄ < 2.0<br>Cumple                                  | N.P. <sup>(1)</sup> | x: 4 m<br>η = 11.0 | x: 0 m<br>η = 36.3 | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>           | N.P. <sup>(4)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>            | N.P. <sup>(6)</sup>                           | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup>           |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                            |                            |                            |                            |                            |         |         |          |          |                            |                 |         | Estado |
|---|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|---------|----------|----------|----------------------------|-----------------|---------|--------|
|   | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{cr}$             | $N_c$                      | $N_{cr}$                   | $M_x$                      | $M_z$                      | $V_z$   | $V_y$   | $M_yV_z$ | $M_zV_y$ | $NM_xM_z$                  | $NM_yM_zV_yV_z$ | $M_t$   |        |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(5) No hay interacción entre momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |                            |                            |                            |                            |                            |         |         |          |          |                            |                 |         |        |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                            |                            |                            |                            |                            |         |         |          |          |                            |                 |         | Estado |
| N113/N100   | $x$ : 4 m<br>$\eta = 21.8$                           | $x$ : 0 m<br>$\eta = 28.6$ | $M_{Ed} = 0,00$<br>N.P.(1) | $M_{Ed} = 0,00$<br>N.P.(1) | $V_{Ed} = 0,00$<br>N.P.(2) | $V_{Ed} = 0,00$<br>N.P.(2) | N.P.(3) | N.P.(3) | N.P.(4)  | N.P.(5)  | $M_{Ed} = 0,00$<br>N.P.(6) | N.P.(7)         | N.P.(7) |        |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(5) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(6) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(7) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |  |                            |                            |                            |                            |                            |         |         |          |          |                            |                 |         |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>Nc: Resistencia a compresión<br>Mx: Resistencia a flexión eje X<br>My: Resistencia a flexión eje Y<br>Mz: Resistencia a flexión eje Z<br>Vz: Resistencia a corte Z<br>Vy: Resistencia a corte Y<br>MxVy: Resistencia a momento flector X y fuerza cortante Y combinados<br>MyVz: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>MxMz: Resistencia a flexión y axil combinados<br>NMyMzVz: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>Mx: Resistencia a torsión<br>MxVy: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>MyVz: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>$\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede  |  |                            |                            |                            |                            |                            |         |         |          |          |                            |                 |         |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.22 ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 21.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 401.39 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 401.39 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 401.39 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 144980.03 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 309.86 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 309.86 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 513.26 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 0.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 4.000 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 4.000 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 4.000 m

**i<sub>o</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 5.35 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 3.79 cm

**i<sub>z</sub>** : 3.79 cm

**y<sub>o</sub>**, **z<sub>o</sub>**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.110} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 1.35 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{62.21} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{566.01} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{21.61} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.155} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.363} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{87.52} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{566.01} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{21.61} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{241.02} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{21.61} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.43}$$

$$\chi_z : \underline{0.43}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.49}$$

$$\phi_z : \underline{1.49}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.22}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.22}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.06}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr} : \underline{401.39} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,y} : \underline{401.39} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,z} : \underline{401.39} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{144980.03} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.218} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{30.41} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{139.59} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{21.61} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{64.59} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{64.59} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.23}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.080 ✓

$\eta$  : 0.286 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 11.16 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 139.59 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 21.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 64.59 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 64.59 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.23

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 39.05 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 21.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 64.59 MPa

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

**f<sub>y,θ</sub>** : 64.59 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

**k<sub>y,θ</sub>** : 0.23

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M,θ</sub>** : 1.00

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.28

**χ<sub>z</sub>** : 0.28

**χ<sub>T</sub>** : 1.00

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 2.15

**φ<sub>z</sub>** : 2.15

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\phi_T : 0.48$$

$$\alpha_y : 0.49$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\alpha_T : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : 1.62$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.62$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.09$$

$$k_{\lambda,\theta} : 1.33$$

$$N_{cr} : 401.39 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 401.39 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 401.39 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : 144980.03 \text{ kN}$$

#### **Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.1.9.4 Arriostramientos

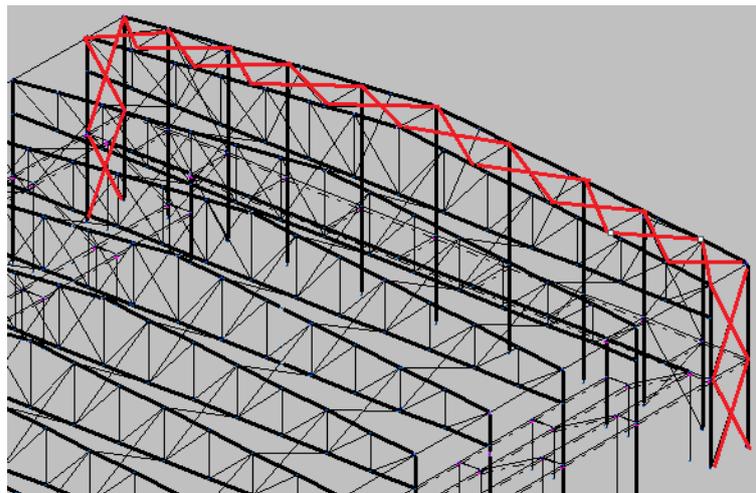


Figura 85 Cruces de San Andrés para ambos hastiales (sentido longitudinal del pabellón).

Barra N12/N308

| Perfil: R 24  |       | Material: Acero (S275) |                    | Características mecánicas |                    |                    |  |
|---|-------|------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--|
| Inicial   | Final | Longitud (m)           | Área               | $I_y^{(1)}$               | $I_z^{(1)}$        | $I_x^{(2)}$        |  |
|   |       |                        | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>4</sup> )        | (cm <sup>4</sup> ) | (cm <sup>4</sup> ) |  |
| N12   | N308  | 5.014                  | 4.52               | 1.63                      | 1.63               | 3.26               |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |
|   |       | Pandeo                 |                    | Pandeo lateral            |                    |                    |  |
|   |       | Plano XY               | Plano XZ           | Ala sup.                  | Ala inf.           |                    |  |
| $\beta$   | 0.00  | 0.00                   | 0.00               | 0.00                      | 0.00               |                    |  |
| $L_k$   | 0.000 | 0.000                  | 0.000              | 0.000                     | 0.000              |                    |  |
| $C_m$   | 1.000 | 1.000                  | 1.000              | 1.000                     | 1.000              |                    |  |
| $C_1$   | -     |                        | 1.000              |                           |                    |                    |  |
| Notación:<br>$\beta$ : Coeficiente de pandeo<br>$L_k$ : Longitud de pandeo (m)<br>$C_m$ : Coeficiente de momentos<br>$C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |
| Resistencia requerida: R 90   |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |
| Factor de forma: 166.67 m-1   |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |
| Temperatura máx. de la barra: 680.0 °C  |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |
| Pintura intumescente: 1.4 mm  |       |                        |                    |                           |                    |                    |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |  |  |  |  |  |  |                     |                     |                     |  |  |                     | Estado                         |                                |
|---|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|---------------------|---------------------|--|--|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                                      | $N_x$                                  | $N_z$                                  | $M_y$                                  | $M_z$                                  | $V_z$                                  | $V_y$                                  | $M_x V_z$           | $M_z V_y$           | $NM_x M_z$          | $NM_y M_z V_z$                         | $M_t$                                  | $M_x V_z$           |                                | $M_z V_y$                      |
| N12/N308  | $\bar{\lambda} \leq 4.0$<br>Cumple                   | $\eta = 81.2$                          | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(3)</sup> | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup> | N.P. <sup>(6)</sup>                    | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup>            | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 81.2$ |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay eje de compresión.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(5) No hay interacción entre eje y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(6) No hay interacción entre momento flector, eje y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |  |  |  |  |  |  |                     |                     |                     |  |  |                     |                                |                                |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |  |  |  |  |  |  |                     |                     |                     |  |  |                     | Estado                         |                                |
|   | $N_x$  | $N_z$                                  | $M_y$                                  | $M_z$                                  | $V_z$                                  | $V_y$                                  | $M_x V_z$                              | $M_z V_y$           | $NM_x M_z$          | $NM_y M_z V_z$      | $M_t$                                  | $M_x V_z$                              | $M_z V_y$           |                                |                                |
| N12/N308  | $\eta = 79.2$  | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(3)</sup> | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>                    | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup> | N.P. <sup>(6)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup>                    | N.P. <sup>(8)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 79.2$ |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay eje de compresión.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(5) No hay interacción entre eje y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(6) No hay interacción entre momento flector, eje y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |  |  |  |  |  |  |                     |                     |                     |  |  |                     |                                |                                |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | V <sub>z</sub> | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |        |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>γ: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda} < \underline{0.01}$  ✓

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**A** :  $\underline{4.52}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>y</sub>** :  $\underline{265.00}$  MPa  
**N<sub>cr</sub>** :  $\underline{\infty}$

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.812}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H1.

- N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** :  $\underline{92.73}$  kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>t,Rd</sub>** :  $\underline{114.17}$  kN

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**A** :  $\underline{4.52}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>** :  $\underline{252.38}$  MPa

Siendo:

- f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>** :  $\underline{265.00}$  MPa  
**γ<sub>MO</sub>** :  $\underline{1.05}$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.792} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{26.41} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{33.35} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{4.52} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{73.72} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{73.72} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.28}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

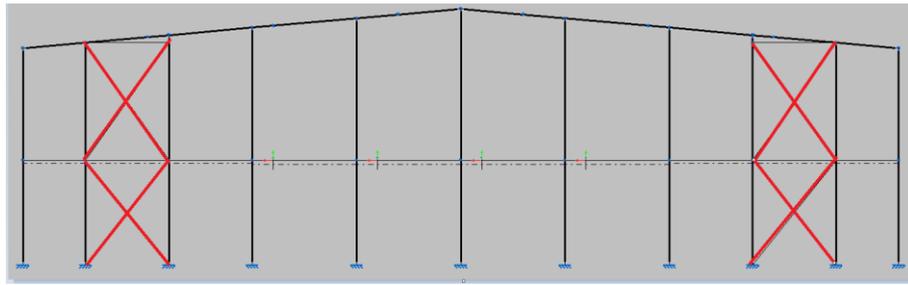


Figura 86 Cruces de San Andrés para ambos hastiales (sentido trasversal del pabellón).

Barra N374/N290

| Perfil: R 10  |         | Material: Acero (S275) |          |                           |  |  |
|---|---------|------------------------|----------|---------------------------|--|--|
|   | Nudos   |                        | Longitud | Características mecánicas |  |  |
|   | Inicial | Final                  | (m)      | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N374  | N290    | 7.191                  | 0.79     | 0.05                      | 0.05   | 0.10   |
| Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme   |         |                        |          |                           |  |  |
|   |         | Pandeo                 |          | Pandeo lateral            |  |  |
|   |         | Plano XY               | Plano XZ | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |
| β   | 0.00    | 0.00                   | 0.00     | 0.00                      | 0.00   |  |
| L <sub>k</sub>  | 0.000   | 0.000                  | 0.000    | 0.000                     | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000   | 1.000                  | 1.000    | 1.000                     | 1.000  |  |
| C <sub>1</sub>  | -       |                        | 1.000    |                           |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |         |                        |          |                           |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |         |                        |          |                           |  |  |
| Resistencia requerida: R 90   |         |                        |          |                           |  |  |
| Factor de forma: 400.00 m <sup>-1</sup>   |         |                        |          |                           |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 696.5 °C  |         |                        |          |                           |  |  |
| Pintura intumescente: 3.2 mm  |         |                        |          |                           |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |   |   |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               | Estado                    |                               |
|--|--|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|--------------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | N <sub>t</sub>                                | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>  | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                               | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |                           | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N374/N290  | $\bar{\lambda} \leq 4.0$<br>Cumple                   | η = 66.1                                      | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>           | N.P. <sup>(4)</sup>            | N.P. <sup>(5)</sup>  | N.P. <sup>(6)</sup>  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup>           | N.P. <sup>(8)</sup>       | <b>CUMPLE</b><br>η = 66.1     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br><sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(5)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |   |   |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |   |   |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               | Estado                    |                               |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>   | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |                               |
| N374/N290  | η = 76.3   | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>                           | N.P. <sup>(4)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>            | N.P. <sup>(6)</sup>  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(7)</sup>                | N.P. <sup>(8)</sup>                           | N.P. <sup>(8)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 76.3 |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br><sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(5)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |   |   |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede   |  |   |   |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda} < 0.01$  ✓

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  
**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**A**:  $\frac{0.79}{}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>y</sub>**:  $\frac{275.00}{}$  MPa  
**N<sub>cr</sub>**:  $\frac{\infty}{}$

#### **Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

**η**:  $\frac{0.661}{}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(0°)H3.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>**:  $\frac{13.59}{}$  kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>t,Rd</sub>**:  $\frac{20.57}{}$  kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**A**:  $\frac{0.79}{}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>**:  $\frac{261.90}{}$  MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub>**:  $\frac{275.00}{}$  MPa  
**γ<sub>Mo</sub>**:  $\frac{1.05}{}$

#### **Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

#### **Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.763} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.93} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{5.16} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{0.79} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{65.66} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{65.66} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.24}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

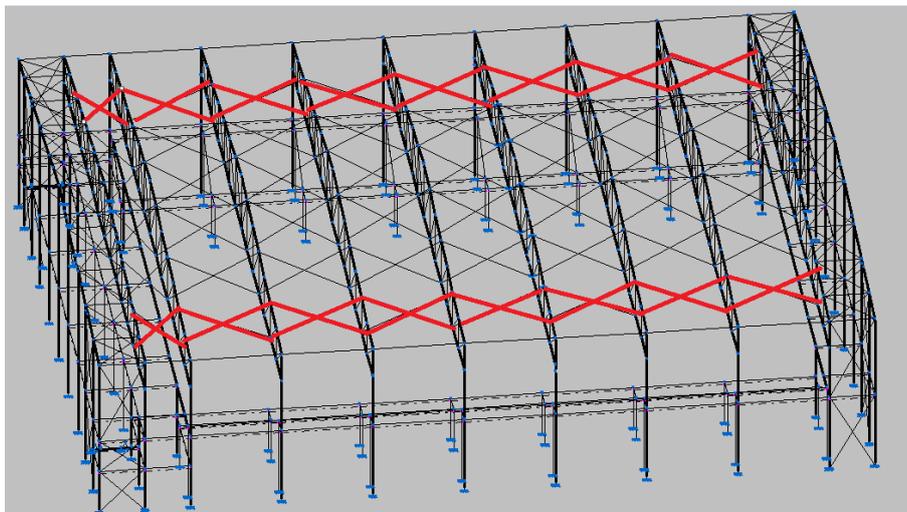


Figura 87 Arriostramiento celosía fuera del plano.

Barra N116/N87

| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
|---------|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Inicial | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N116    | N87   | 6.528        | 10.08                     | 144.44   | 144.44   | 288.87   |

Notas:  
<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado  
<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme

|                | Pandeo   |          | Pandeo lateral |          |
|----------------|----------|----------|----------------|----------|
|                | Plano XY | Plano XZ | Ala sup.       | Ala inf. |
| β              | 1.00     | 1.00     | 0.00           | 0.00     |
| L <sub>k</sub> | 6.528    | 6.528    | 0.000          | 0.000    |
| C <sub>m</sub> | 1.000    | 1.000    | 1.000          | 1.000    |
| C <sub>1</sub> | -        |          | 1.000          |          |

Notación:  
 β: Coeficiente de pandeo  
 L<sub>k</sub>: Longitud de pandeo (m)  
 C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos  
 C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico

**Situación de incendio**  
 Resistencia requerida: R 90  
 Factor de forma: 342.68 m-1  
 Temperatura máx. de la barra: 689.5 °C  
 Pintura intumescente: 2.8 mm

| Barra    | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |                       |                    |                       |   |                   |   |                               |                               |                                |   |   |                               | Estado              |                               |
|----------|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|---|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
|          | $\bar{\lambda}$                                     | N <sub>t</sub>        | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |                     | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N116/N87 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                     | x: 6.528 m<br>η = 8.7 | x: 0 m<br>η = 17.6 | x: 3.264 m<br>η = 5.7 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.3 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.408 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 3.264 m<br>η = 23.2         | x: 0.408 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 23.2     |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

| Barra    | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                    |                        |   |                   |   |                               |                               |                                |   |   |                               |                               | Estado                    |
|----------|--|--------------------|------------------------|---|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|          | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |                           |
| N116/N87 | x: 6.528 m<br>η = 11.0                               | x: 0 m<br>η = 32.5 | x: 3.264 m<br>η = 15.7 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.9 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.408 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 3.264 m<br>η = 51.0         | x: 0.408 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 51.0 |

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:  
 N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
 N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
 M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
 M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
 V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z  
 V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y  
 M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.99 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 10.08 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 70.25 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 70.25 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 70.25 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

|  |  |
|--|--|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\frac{144.44}{}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\frac{144.44}{}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\frac{288.87}{}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ cm <sup>6</sup>   |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                         |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa                          |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{6.528}{}$ m               |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{6.528}{}$ m               |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{0.000}{}$ m               |
| <b>i<sub>0</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>0</sub></b> : $\frac{5.35}{}$ cm                |

Siendo:

|   |   |
|---|---|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{3.78}{}$ cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{3.78}{}$ cm |
| <b>y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>0</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |
|   | <b>z<sub>0</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.087} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{23.10} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{264.12} \text{ kN}$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra. | <b>A</b> : $\frac{10.08}{}$ cm <sup>2</sup>   |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.    | <b>f<sub>yd</sub></b> : $\frac{261.90}{}$ MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa |
| <b>γ<sub>mo</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>mo</sub></b> : $\frac{1.05}{}$      |

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.035} \checkmark$$

$\eta$  : 0.176 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 9.22 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 264.12 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 10.08 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 52.41 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 10.08 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 0.20

$\chi_z$  : 0.20

Siendo:

$\phi_y$  : 2.91

$\phi_z$  : 2.91

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.49

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  : 1.99

$\bar{\lambda}_z$  : 1.99

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 70.25 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 70.25 kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : 70.25 kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.057} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.264 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

 $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{0.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

 $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : \underline{9.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

 $W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : \underline{34.36} \text{ cm}^3$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{0.31} \text{ kN}$

**Resistencia a cortante de la sección:**El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : \underline{97.08} \text{ kN}$

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v : \underline{6.42} \text{ cm}^2$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

A : 10.08 cm<sup>2</sup>

f<sub>yd</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

f<sub>yd</sub> : 261.90 MPa

Siendo:

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f<sub>y</sub> : 275.00 MPa

γ<sub>mo</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ<sub>mo</sub> : 1.05

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V<sub>Ed</sub> no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante V<sub>c,Rd</sub>.

**0.28 kN ≤ 48.54 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.408 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

V<sub>Ed</sub>: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V<sub>Ed</sub> : 0.28 kN

V<sub>c,Rd</sub>: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V<sub>c,Rd</sub> : 97.08 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.090 ✓

η : 0.232 ✓

η : 0.206 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.264 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+1.35·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(90°)H2.

Donde:

N<sub>c,Ed</sub>: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N<sub>c,Ed</sub> : 8.76 kN

M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M<sub>y,Ed</sub><sup>+</sup> : 0.51 kN·m

M<sub>z,Ed</sub><sup>+</sup> : 0.00 kN·m

Clase : 1

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{264.12} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{9.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.08} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{34.36} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{34.36} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.13}$$

$$k_z : \underline{1.13}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.20}$$

$$\chi_z : \underline{0.20}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.99}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.99}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.408 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$$0.28 \text{ kN} \leq 48.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.28} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{97.08} \text{ kN}$$

#### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.110} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{7.83} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{70.93} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{10.08} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.34} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{70.34} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.325} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.80} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{70.93} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.08} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.34} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 70.34$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : 8.63$  kN

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : 10.08$  cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 70.34$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 70.34$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.12$

$\chi_z : 0.12$

Siendo:

$\phi_y : 4.53$

$\phi_z : 4.53$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 2.62$

$\bar{\lambda}_z : 2.62$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\lambda,\theta} : 1.32$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 70.25$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 70.25$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 70.25$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.157$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.264 m del nudo N116, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{2.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{34.36} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.34} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{70.34} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.23} \text{ kN}$$

#### Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{26.07} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.42} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.08} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 70.34 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 70.34 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$  : 0.26

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$  : 1.00

#### **Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.20 \text{ kN} \leq 13.04 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.408 m del nudo N116, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.20 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 26.07 kN

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.195 ✓

$\eta$  : 0.510 ✓

$\eta$  : 0.431 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.264 m del nudo N116, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(90°)H2.

Donde:

|   |  |
|---|--|
| <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.   | <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>2.70</u> kN               |
| <b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.                                | <b>M<sub>y,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>0.38</u> kN·m |
|   | <b>M<sub>z,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>0.00</u> kN·m |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                                |
| <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.  | <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>70.93</u> kN             |
| <b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.     | <b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>2.42</u> kN·m          |
|   | <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>2.42</u> kN·m          |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |  |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>10.08</u> cm <sup>2</sup>                |
| <b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.       | <b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>34.36</u> cm <sup>3</sup> |
|   | <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>34.36</u> cm <sup>3</sup> |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.   | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>70.34</u> MPa               |

Siendo:

|  |   |
|--|---|
| <b>f<sub>y,θ</sub></b> : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.   | <b>f<sub>y,θ</sub></b> : <u>70.34</u> MPa |
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa  |
| <b>k<sub>y,θ</sub></b> : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.                                  | <b>k<sub>y,θ</sub></b> : <u>0.26</u>      |
| <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : <u>1.00</u>      |
| <b>k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub></b> : Coeficientes de interacción.   | <b>k<sub>y</sub></b> : <u>1.25</u>        |
|  | <b>k<sub>z</sub></b> : <u>1.25</u>        |
| <b>C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub></b> : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | <b>C<sub>m,y</sub></b> : <u>1.00</u>      |
|  | <b>C<sub>m,z</sub></b> : <u>1.00</u>      |
| <b>χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub></b> : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                    | <b>χ<sub>y</sub></b> : <u>0.12</u>        |
|  | <b>χ<sub>z</sub></b> : <u>0.12</u>        |
| <b>λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub></b> : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. | <b>λ̄<sub>y</sub></b> : <u>2.62</u>       |
|  | <b>λ̄<sub>z</sub></b> : <u>2.62</u>       |
| <b>α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub></b> : Factores dependientes de la clase de la sección.   | <b>α<sub>y</sub></b> : <u>0.60</u>        |
|  | <b>α<sub>z</sub></b> : <u>0.60</u>        |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.408 m del nudo N116, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

0.20 kN ≤ 13.04 kN



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$  :  $\frac{0.20}{\quad}$  kN

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$  :  $\frac{26.07}{\quad}$  kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

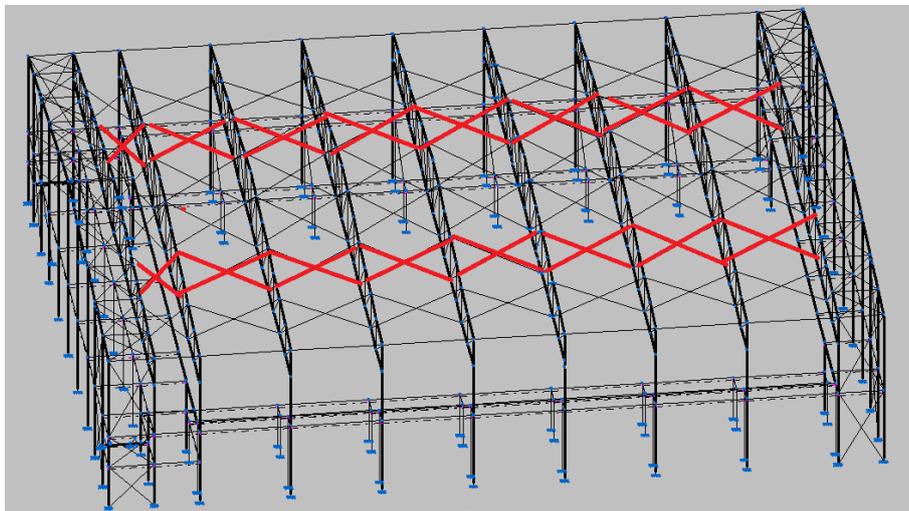


Figura 88 Arriostramiento celosía fuera del plano.

Barra N227/N198

| Perfil: CHS 114.3x3.0<br>Material: Acero (S275)   |       |              |                           |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N227  | N198  | 6.773        | 10.49                     | 162.55   | 162.55   | 325.10   |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>k</sub>  |       | 6.773        | 6.773                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>1</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |
| Situación de incendio   |       |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 342.32 m-1<br>Temperatura máx. de la barra: 689.0 °C<br>Pintura intumescente: 2.8 mm  |       |              |                           |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                        |                        |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               | Estado                    |                               |
|---|--|------------------------|------------------------|---|---|---|---|-------------------------------|--------------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                                      | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>         | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>  | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                               | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |                           | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N227/N198   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | x: 6.773 m<br>η = 10.2 | x: 0 m<br>η = 28.0     | x: 3.387 m<br>η = 5.7                         | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.3                             | V <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.423 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>            | x: 3.387 m<br>η = 32.4                                       | x: 0.423 m<br>η < 0.1  | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>       | <b>CUMPLE</b><br>η = 32.4     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |                        |                        |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                        |                        |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               | Estado                    |                               |
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>         | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>   | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |                           |                               |
| N227/N198   | x: 6.773 m<br>η = 13.2                               | x: 0 m<br>η = 43.3     | x: 3.387 m<br>η = 15.6 | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.9                             | V <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.423 m<br>η < 0.1                         | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 3.387 m<br>η = 62.8         | x: 0.423 m<br>η < 0.1  | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup>                | N.P. <sup>(5)</sup>                           | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 62.8 |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |                        |                        |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flexor Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flexor Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aproximamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                        |                        |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.98 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 10.49 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 73.43 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 73.43 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 73.43 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| $I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | $I_y : 162.55 \text{ cm}^4$ |
| $I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | $I_z : 162.55 \text{ cm}^4$ |
| $I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | $I_t : 325.10 \text{ cm}^4$ |
| $I_w$ : Constante de alabeo de la sección.                                      | $I_w : 0.00 \text{ cm}^6$   |
| $E$ : Módulo de elasticidad.  | $E : 210000 \text{ MPa}$    |
| $G$ : Módulo de elasticidad transversal.  | $G : 81000 \text{ MPa}$     |
| $L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.          | $L_{ky} : 6.773 \text{ m}$  |
| $L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.          | $L_{kz} : 6.773 \text{ m}$  |
| $L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                             | $L_{kt} : 0.000 \text{ m}$  |
| $i_o$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_o : 5.57 \text{ cm}$     |

Siendo:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| $i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | $i_y : 3.94 \text{ cm}$ |
|   | $i_z : 3.94 \text{ cm}$ |
| $y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_o : 0.00 \text{ mm}$ |
|   | $z_o : 0.00 \text{ mm}$ |

#### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.102 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N198, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Peso gradas} + 0.8 \cdot \text{Peso escaleras} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 28.00 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : 274.73 \text{ kN}$$

Donde:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra. | $A : 10.49 \text{ cm}^2$      |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.            | $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$ |

Siendo:

|  |                            |
|--|----------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)              | $f_y : 275.00 \text{ MPa}$ |
| $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{Mo} : 1.05$       |

#### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.056 \quad \checkmark$$

$\eta$  : 0.280 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N227, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 15.34 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 274.73 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 10.49 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>Mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 54.74 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 10.49 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.20

**χ<sub>z</sub>** : 0.20

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 2.90

**φ<sub>z</sub>** : 2.90

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub>** : 0.49

**α<sub>z</sub>** : 0.49

**λ̄**: Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub>** : 1.98

**λ̄<sub>z</sub>** : 1.98

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** : 73.43 kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 73.43 kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 73.43 kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.057} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.387 m del nudo N227, para la combinación de acciones  
1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.55 kN·m

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>** : 9.74 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 37.17 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>m0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>m0</sub>** : 1.05

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N227, para la combinación de acciones  
1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.33 kN

**Resistencia a cortante de la sección:**El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>** : 100.98 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 6.68 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 10.49 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.29 \text{ kN} \leq 50.49 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.423 m del nudo N227, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.29 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 100.98 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.108 ✓

$\eta$  : 0.324 ✓

$\eta$  : 0.296 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.387 m del nudo N227, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 13.97 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.55 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 274.73 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{9.74}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{9.74}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

$$A : \frac{10.49}{\quad} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \frac{37.17}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{37.17}{\quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{\quad}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.20}{\quad}$$

$$k_z : \frac{1.20}{\quad}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{\quad}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.20}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{0.20}{\quad}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{1.98}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{1.98}{\quad}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{\quad}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.423 m del nudo N227, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$$0.29 \text{ kN} \leq 50.49 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.29}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{100.98}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.132} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N198, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H3.

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{9.80} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{74.03} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{10.49} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{70.57} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.053} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.433} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N227, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.92} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{74.03} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.49} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 70.57$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : 9.05$  kN

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : 10.49$  cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 70.57$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 70.57$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.  $\chi_y : 0.12$

$\chi_z : 0.12$

Siendo:

$\phi_y : 4.51$

$\phi_z : 4.51$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  $\bar{\lambda}_y : 2.61$

$\bar{\lambda}_z : 2.61$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\lambda,\theta} : 1.32$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:  $N_{cr} : 73.43$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,y} : 73.43$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : 73.43$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.156$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.387 m del nudo N227, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{2.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{37.17} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{70.57} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N227, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.24} \text{ kN}$$

#### Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{27.21} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.68} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.49} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 70.57$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

#### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.21 \text{ kN} \leq 13.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.423 m del nudo N227, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.21$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 27.21$  kN

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.208 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.628 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.544 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.387 m del nudo N227, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 3.79$  kN

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo p <sup>s</sup> imos, según los ejes Y y Z, respectivamente.   | $M_{y,Ed}^+ : 0.41$ kN·m           |
|   | $M_{z,Ed}^+ : 0.00$ kN·m           |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : 1                   |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd} : 74.03$ kN             |
| $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                          | $M_{pl,Rd,y} : 2.62$ kN·m          |
|   | $M_{pl,Rd,z} : 2.62$ kN·m          |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |                                    |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : 10.49 cm <sup>2</sup>   |
| $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                            | $W_{pl,y} : 37.17$ cm <sup>3</sup> |
|   | $W_{pl,z} : 37.17$ cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd} : 70.57$ MPa               |
| Siendo:   |                                    |
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  | $f_{y,\theta} : 70.57$ MPa         |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : 275.00$ MPa                 |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.   | $k_{y,\theta} : 0.26$              |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M,\theta} : 1.00$         |
| $k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.   | $k_y : 1.34$                       |
|   | $k_z : 1.34$                       |
| $C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y} : 1.00$                   |
|   | $C_{m,z} : 1.00$                   |
| $\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  | $\chi_y : 0.12$                    |
|   | $\chi_z : 0.12$                    |
| $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.                             | $\bar{\lambda}_y : 2.61$           |
|   | $\bar{\lambda}_z : 2.61$           |
| $\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y : 0.60$                  |
|   | $\alpha_z : 0.60$                  |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen en un punto situado a una distancia de 0.423 m del nudo N227, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

**0.21 kN ≤ 13.60 kN** ✓

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Donde:  |                         |
| $V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p <sup>s</sup> imo. | $V_{Ed,z} : 0.21$ kN    |
| $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.                   | $V_{c,Rd,z} : 27.21$ kN |

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

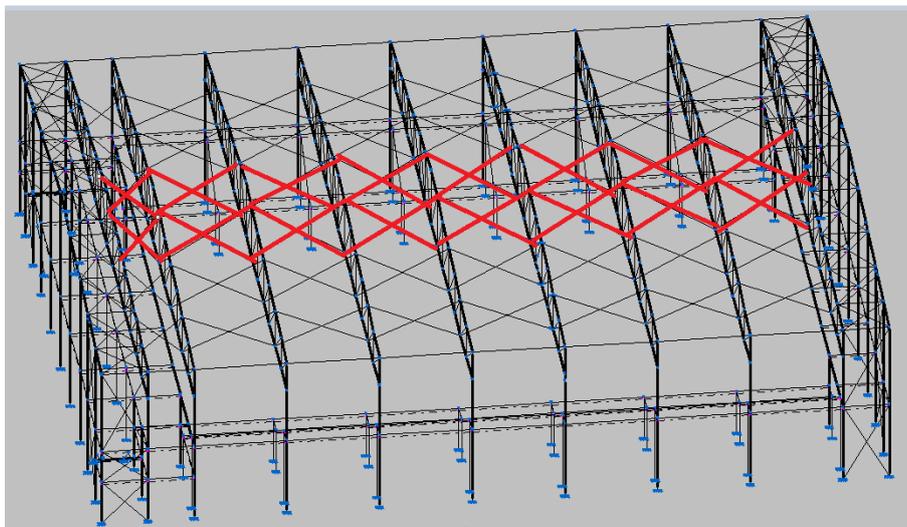


Figura 89 Arriostramiento celosía fuera del plano.

Barra N64/N95

| Perfil: CHS 120.0x3.0   |   | Material: Acero (S275) |                           |                         |  |  |  |
|---|---|------------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
|   | Nudos   |                        | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|   | Inicial   | Final                  | Longitud (m)              | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N64   | N95                    | 7.057                     | 11.03                   | 188.81   | 188.81   | 377.62   |
|   | Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                           |                         |  |  |  |
|   |   |                        | Pandeo                    |                         | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |   | Plano XY               | Plano XZ                  | Ala sup.                | Ala inf.   |  |  |
| β   | 1.00  | 1.00                   | 0.00                      | 0.00                    |  |  |  |
| L <sub>k</sub>  | 7.057   | 7.057                  | 0.000                     | 0.000                   |  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000   | 1.000                  | 1.000                     | 1.000                   |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -   |                        | 1.000                     |                         |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |                        |                           |                         |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |   |                        |                           |                         |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90   |   |                        |                           |                         |  |  |  |
| Factor de forma: 341.88 m-1   |   |                        |                           |                         |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 688.5 °C  |   |                        |                           |                         |  |  |  |
| Pintura intumescente: 2.8 mm  |   |                        |                           |                         |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE |                       |                    |                       |   |                   |   |                               |                               |                                |   |   |                               | Estado              |                               |
|---------|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|---|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
|         | $\bar{\lambda}$                                     | N <sub>t</sub>        | N <sub>c</sub>     | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |                     | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N64/N95 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                     | x: 7.057 m<br>η = 7.5 | x: 0 m<br>η = 20.3 | x: 3.528 m<br>η = 5.6 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.3 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.441 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 3.528 m<br>η = 25.3         | x: 0.441 m<br>η < 0.1                         | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 25.3     |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                         |                             |                            |                        |                            |                            |          |                             |                            |                            |         |          | Estado                         |
|--|--|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|----------|--------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $N_c$                   | $N_c$                       | $M_y$                      | $M_z$                  | $V_z$                      | $V_y$                      | $M_yV_z$ | $M_zV_y$                    | $NM_yM_z$                  | $NM_yM_zV_yV_z$            | $M_t$   | $M_yV_z$ |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |  |                         |                             |                            |                        |                            |                            |          |                             |                            |                            |         |          |                                |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                         |                             |                            |                        |                            |                            |          |                             |                            |                            |         |          | Estado                         |
| N64/N95  | x: 7.057 m<br>$\eta = 9.3$                           | x: 0 m<br>$\eta = 36.7$ | x: 3.528 m<br>$\eta = 15.4$ | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P.(1) | x: 0 m<br>$\eta = 0.9$ | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P.(2) | x: 0.441 m<br>$\eta < 0.1$ | N.P.(3)  | x: 3.528 m<br>$\eta = 54.8$ | x: 0.441 m<br>$\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P.(4) | N.P.(5) | N.P.(5)  | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 54.8$ |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |  |                         |                             |                            |                        |                            |                            |          |                             |                            |                            |         |          |                                |
| Notación:<br>N: Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y avil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>$\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                         |                             |                            |                        |                            |                            |          |                             |                            |                            |         |          |                                |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} : 1.96$  ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 11.03 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 78.59 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 78.59 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 78.59 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 188.81 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 188.81 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 377.62 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 7.057 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 7.057 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 5.85 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 4.14 cm

**i<sub>z</sub> :** 4.14 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.075} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{21.72} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{288.80} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{11.03} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.041} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.203} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N64, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Peso escaleras+1.5·V(270°)H2.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{11.85} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{288.80} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{11.03} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{58.43} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{11.03} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.20}$$

Siendo:

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\chi_z : \underline{0.20}$$

**λ̄**: Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{2.86}$$

$$\phi_z : \underline{2.86}$$

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.96}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.96}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr} : \underline{78.59} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,y} : \underline{78.59} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,z} : \underline{78.59} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.056} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.528 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{10.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{41.08} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

#### Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.34 kN

#### Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 106.15 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 7.02 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 11.03 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.30 \text{ kN} \leq 53.07 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.441 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.30 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 106.15 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.095 ✓

$\eta$  : 0.253 ✓

$\eta$  : 0.228 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.528 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 11.02 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.61 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 288.80 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 10.76 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 10.76 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 11.03 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 41.08 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 41.08 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$  : 1.15

$k_z$  : 1.15

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$  : 1.00

$C_{m,z}$  : 1.00

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$  : 0.20

$\chi_z$  : 0.20

$\bar{\lambda}_y$  : 1.96

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

|                     |      |
|---------------------|------|
| $\bar{\lambda}_z$ : | 1.96 |
| $\alpha_y$ :        | 0.60 |
| $\alpha_z$ :        | 0.60 |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.441 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$0.30 \text{ kN} \leq 53.07 \text{ kN}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

|                |        |    |
|----------------|--------|----|
| $V_{Ed,z}$ :   | 0.30   | kN |
| $V_{c,Rd,z}$ : | 106.15 | kN |

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.093 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N95, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 7.24 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd}$  : 78.13 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

|            |       |                 |
|------------|-------|-----------------|
| $A$ :      | 11.03 | cm <sup>2</sup> |
| $f_{yd}$ : | 70.86 | MPa             |

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$  : 70.86 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

|   |  |
|---|--|
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.26}$      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.046}$  ✓

$\eta : \underline{0.367}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N64, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{3.56}$  kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{78.13}$  kN

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 11.03 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 70.86 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{70.86}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{9.71}$  kN

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 11.03 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 70.86 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{70.86}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.12$

$\chi_z : 0.12$

Siendo:

$\phi_y : 4.44$

$\phi_z : 4.44$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 2.59$

$\bar{\lambda}_z : 2.59$

$k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\alpha,\theta} : 1.32$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 78.59 \text{ kN}$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 78.59 \text{ kN}$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 78.59 \text{ kN}$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.154$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.528 m del nudo N64, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.45 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 2.91 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 41.08 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 70.86 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 70.86 \text{ MPa}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N64, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.25} \text{ kN}$$

**Resistencia a cortante de la sección:**

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{28.72} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{11.03} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{70.86} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{70.86} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.26}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.22 \text{ kN} \leq 14.36 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.441 m del nudo N64, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.22$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 28.72$  kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.198$  ✓

$\eta : 0.548$  ✓

$\eta : 0.469$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.528 m del nudo N64, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 3.40$  kN

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed^+} : 0.45$  kN·m  
 $M_{z,Ed^+} : 0.00$  kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : 78.13$  kN

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : 2.91$  kN·m  
 $M_{pl,Rd,z} : 2.91$  kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 11.03 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : 41.08$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{pl,z} : 41.08$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 70.86$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 70.86$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.26$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.28$

$$k_z : 1.28$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.12$$

$$\chi_z : 0.12$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 2.59$$

$$\bar{\lambda}_z : 2.59$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.441 m del nudo N64, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$$0.22 \text{ kN} \leq 14.36 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : 0.22 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : 28.72 \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

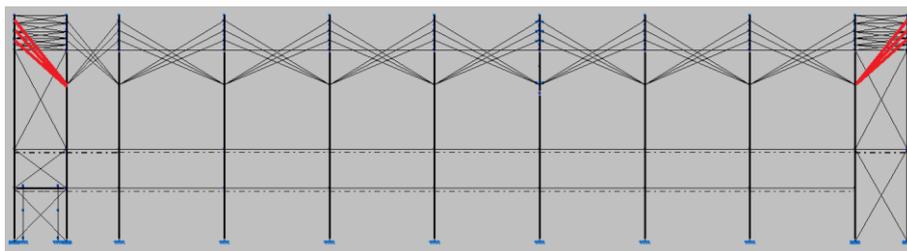


Figura 90 Arriostramiento celosía fuera del plano.

Barra N270/N480

| Perfil: CHS 83.0x3.0<br>Material: Acero (S275)  |       |              |                           |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N270  | N480  | 4.345        | 7.54                      | 60.40  | 60.40  | 120.81   |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>K</sub>  |       | 4.345        | 4.345                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>1</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |       |              |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90<br>Factor de forma: 345.83 m <sup>-1</sup><br>Temperatura máx. de la barra: 692.5 °C<br>Pintura intumescente: 2.8 mm  |       |              |                           |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |                        |                       |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               | Estado                    |                               |
|---|--|------------------------|-----------------------|---|---|---|---|-------------------------------|--------------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                                      | N <sub>t</sub>         | N <sub>c</sub>        | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>  | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                               | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |                           | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N270/N480   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | x: 4.345 m<br>η = 16.0 | x: 0 m<br>η = 40.2    | x: 2.172 m<br>η = 2.5                         | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.2                             | V <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.272 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(3)</sup>            | x: 2.172 m<br>η = 42.0                                       | x: 0.272 m<br>η < 0.1  | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>       | <b>CUMPLE</b><br>η = 42.0     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |                        |                       |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |
| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                        |                       |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               | Estado                    |                               |
|   | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>         | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>   | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                 | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |                           |                               |
| N270/N480   | x: 4.345 m<br>η = 22.3                               | x: 0 m<br>η = 54.4     | x: 2.172 m<br>η = 7.2 | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 0.5                             | V <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | x: 0.272 m<br>η < 0.1                         | N.P. <sup>(3)</sup>           | x: 2.172 m<br>η = 63.5         | x: 0.272 m<br>η < 0.1  | M <sub>ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup>                | N.P. <sup>(5)</sup>                           | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 63.5 |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flexor.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flexor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |  |                        |                       |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flexor Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flexor Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de esbeltez (m)<br>N.P.: No procede |  |                        |                       |   |   |   |   |                               |                                |  |  |   |                               |                           |                               |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.77 ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 7.54 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 66.32 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 66.32 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 66.32 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

|  |  |
|--|--|
| <b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | <b>I<sub>y</sub></b> : $\frac{60.40}{}$ cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | <b>I<sub>z</sub></b> : $\frac{60.40}{}$ cm <sup>4</sup>  |
| <b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | <b>I<sub>t</sub></b> : $\frac{120.81}{}$ cm <sup>4</sup> |
| <b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.                                      | <b>I<sub>w</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ cm <sup>6</sup>   |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.  | <b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa                         |
| <b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.  | <b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa                          |
| <b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.            | <b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{4.345}{}$ m               |
| <b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.            | <b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{4.345}{}$ m               |
| <b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                               | <b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{0.000}{}$ m               |
| <b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | <b>i<sub>o</sub></b> : $\frac{4.00}{}$ cm                |

Siendo:

|   |   |
|---|---|
| <b>i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | <b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{2.83}{}$ cm |
|   | <b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{2.83}{}$ cm |
| <b>y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | <b>y<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |
|   | <b>z<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm |

#### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.160} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N480, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{31.50} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{197.47} \text{ kN}$$

Donde:

|  |   |
|--|---|
| <b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra. | <b>A</b> : $\frac{7.54}{}$ cm <sup>2</sup>    |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.    | <b>f<sub>yd</sub></b> : $\frac{261.90}{}$ MPa |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)       | <b>f<sub>y</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa |
| <b>γ<sub>Mo</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>Mo</sub></b> : $\frac{1.05}{}$      |

#### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.097} \quad \checkmark$$

$\eta$  : 0.402 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N270, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Peso forjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 19.15 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 197.47 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 7.54 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>Mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 47.70 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 7.54 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.24

**χ<sub>z</sub>** : 0.24

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 2.45

**φ<sub>z</sub>** : 2.45

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub>** : 0.49

**α<sub>z</sub>** : 0.49

**λ̄**: Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub>** : 1.77

**λ̄<sub>z</sub>** : 1.77

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr</sub>** : 66.32 kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,y</sub>** : 66.32 kN

**N<sub>cr,z</sub>** : 66.32 kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.172 m del nudo N270, para la combinación de acciones  
1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.13 kN·m

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>** : 5.03 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 19.21 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>m0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>m0</sub>** : 1.05

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N270, para la combinación de acciones  
1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.12 kN

**Resistencia a cortante de la sección:**El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>** : 72.58 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 4.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 7.54 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

#### Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.10 \text{ kN} \leq 36.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.272 m del nudo N270, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.10 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 72.58 kN

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.420} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.412} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.172 m del nudo N270, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 19.08 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.08 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 197.47 kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{5.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{5.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

$$A : \underline{7.54} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{19.21} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{19.21} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.32}$$

$$k_z : \underline{1.32}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.24}$$

$$\chi_z : \underline{0.24}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.77}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.77}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.272 m del nudo N270, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras.

$$0.10 \text{ kN} \leq 36.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{72.58} \text{ kN}$$

#### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.223} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N480, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{11.51} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{51.50} \text{ kN}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{7.54} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.31} \text{ MPa}$$

Siendo:

 $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{68.31} \text{ MPa}$$

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.081} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.544} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N270, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{4.18} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{51.50} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{7.54} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.31} \text{ MPa}$$

Siendo:

|   |  |
|---|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.                | $f_{y,\theta} : \underline{68.31}$ MPa |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa         |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.25}$      |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.                                | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{7.69}$  kN

Donde:

|  |  |
|--|--|
| $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. | $A : \underline{7.54}$ cm <sup>2</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.                         | $f_{yd} : \underline{68.31}$ MPa       |

Siendo:

|  |  |
|--|--|
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. | $f_{y,\theta} : \underline{68.31}$ MPa |
|--|--|

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : \underline{275.00}$ MPa    |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{y,\theta} : \underline{0.25}$ |

|  |  |
|--|--|
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. | $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$ |
|--|--|

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| $\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo. | $\chi_y : \underline{0.15}$ |
|---|-----------------------------|

Siendo:

$\chi_z : \underline{0.15}$

$\phi_y : \underline{3.76}$

$\phi_z : \underline{3.76}$

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica. | $\alpha_y : \underline{0.49}$ |
|--|-------------------------------|

$\alpha_z : \underline{0.49}$

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida. | $\bar{\lambda}_y : \underline{2.34}$ |
|--------------------------------------|--------------------------------------|

$\bar{\lambda}_z : \underline{2.34}$

|  |   |
|--|---|
| $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. | $k_{\lambda,\theta} : \underline{1.32}$ |
|--|---|

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : \underline{66.32}$  kN

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. | $N_{cr,y} : \underline{66.32}$ kN |
|---|-----------------------------------|

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. | $N_{cr,z} : \underline{66.32}$ kN |
|---|-----------------------------------|

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión. | $N_{cr,T} : \underline{\infty}$ |
|---|---------------------------------|

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.072}$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.172 m del nudo N270, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{1.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{19.21} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.31} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{68.31} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N270, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.09} \text{ kN}$$

#### Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{18.93} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{7.54} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.31} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 68.31$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.25$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

#### Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.08 \text{ kN} \leq 9.46 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.272 m del nudo N270, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.08$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 18.93$  kN

#### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.152 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.635 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.594 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.172 m del nudo N270, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 4.09$  kN  
 $M_{y,Ed^+}$ :  $M_{y,Ed^+} : 0.09$  kN·m

|   |  |
|---|--|
| $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.   | $M_{z,Ed}^+ : 0.00$ kN·m   |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>  |
| $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.   | $N_{pl,Rd} : 51.50$ kN   |
| $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.                          | $M_{pl,Rd,y} : 1.31$ kN·m<br>$M_{pl,Rd,z} : 1.31$ kN·m                   |
| <b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)   |  |
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>7.54</u> cm <sup>2</sup>                                   |
| $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                            | $W_{pl,y} : 19.21$ cm <sup>3</sup><br>$W_{pl,z} : 19.21$ cm <sup>3</sup> |
| $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  | $f_{yd} : 68.31$ MPa   |
| Siendo:   |  |
| $f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  | $f_{y,\theta} : 68.31$ MPa   |
| $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | $f_y : 275.00$ MPa   |
| $k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.   | $k_{y,\theta} : 0.25$  |
| $\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M,\theta} : 1.00$   |
| $k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.   | $k_y : 1.43$<br>$k_z : 1.43$   |
| $C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y} : 1.00$<br>$C_{m,z} : 1.00$                                     |
| $\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  | $\chi_y : 0.15$<br>$\chi_z : 0.15$                                       |
| $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.                             | $\bar{\lambda}_y : 2.34$<br>$\bar{\lambda}_z : 2.34$                     |
| $\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y : 0.60$<br>$\alpha_z : 0.60$                                   |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.272 m del nudo N270, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras.

**0.08 kN ≤ 9.46 kN** ✓

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Donde:  |                         |
| $V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. | $V_{Ed,z} : 0.08$ kN    |
| $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.       | $V_{c,Rd,z} : 18.93$ kN |

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.1.9.5 Escaleras

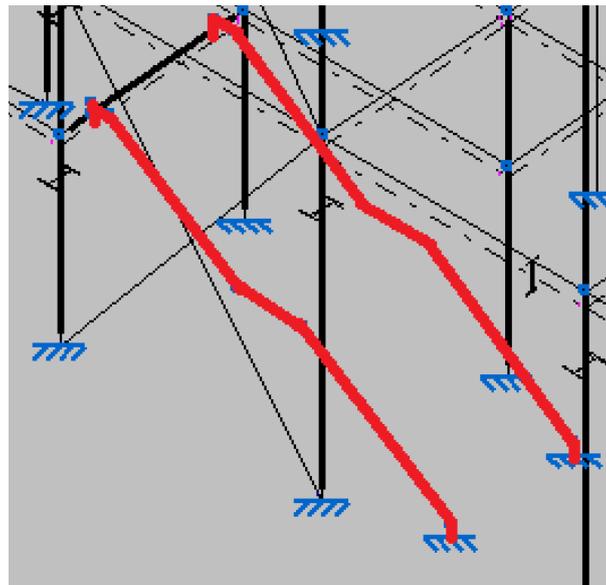


Figura 91 Escaleras de acceso a la primera planta.

Barra N552/N553

| Perfil: IPE 180   |   | Material: Acero (S275) |                |                           |  |  |  |
|---|---|------------------------|----------------|---------------------------|--|--|--|
|   | Nudos   |                        | Longitud       | Características mecánicas |  |  |  |
|   | Inicial   | Final                  | (m)            | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | N552  | N553                   | 1.000          | 23.90                     | 1317.00  | 101.00   | 4.79   |
|   | Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme |                        |                |                           |  |  |  |
|   | Pandeo  |                        | Pandeo lateral |                           |  |  |  |
|   |   | Plano XY               | Plano XZ       | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |
| β   | 1.00  | 1.00                   | 0.00           | 0.00                      |  |  |  |
| L <sub>k</sub>  | 1.000   | 1.000                  | 0.000          | 0.000                     |  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000   | 1.000                  | 1.000          | 1.000                     |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -   |                        | 1.000          |                           |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |                        |                |                           |  |  |  |
| <b>Situación de incendio</b>  |   |                        |                |                           |  |  |  |
| Resistencia requerida: R 90   |   |                        |                |                           |  |  |  |
| Factor de forma: 306.81 m <sup>-1</sup>   |   |                        |                |                           |  |  |  |
| Temperatura máx. de la barra: 677.0 °C  |   |                        |                |                           |  |  |  |
| Pintura intumescente: 2.6 mm  |   |                        |                |                           |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE  |   |                   |   |                       |   |                               |   |                                |  |   |  |   | Estado                   |                               |                               |
|--|--|---|-------------------|---|-----------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|--|---|--|---|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                                      | $\lambda_{w,cr}$                                | N <sub>t</sub>    | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>  | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>                | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                          | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> |
| N552/N553  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple                      | $\lambda_{w,cr} \leq \lambda_{w,máx}$<br>Cumple | η = 0.1           | η = 0.5                                       | x: 0.25 m<br>η = 76.7 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 1 m<br>η = 3.1             | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | η < 0.1                        | N.P. <sup>(3)</sup>  | x: 0.25 m<br>η = 77.1                         | η < 0.1  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>      | N.P. <sup>(5)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>η = 77.1     |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |   |                   |   |                       |   |                               |   |                                |  |   |  |   |                          |                               |                               |
| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |   |                   |   |                       |   |                               |   |                                |  |   |  |   | Estado                   |                               |                               |
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub>                                  | M <sub>y</sub>    | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>                                | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>                 |                          |                               |                               |
| N552/N553  | η = 0.1  | η = 0.3   | x: 1 m<br>η = 6.5 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 1 m<br>η = 0.6     | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | η < 0.1                       | N.P. <sup>(3)</sup>                           | x: 0 m<br>η = 6.6              | η < 0.1  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup>  | N.P. <sup>(5)</sup>                           | <b>CUMPLE</b><br>η = 6.6 |                               |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |  |   |                   |   |                       |   |                               |   |                                |  |   |  |   |                          |                               |                               |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------|
|  | N <sub>t</sub>                                       | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | V <sub>z</sub> | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |        |
| Notación:<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |  |                |                |                |                |                |                               |                               |                                |  |                |                               |        |

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.56 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 23.90 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 2093.34 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 27296.36 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 2093.34 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 1317.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 101.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 4.79 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 7430.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 1.000 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 1.000 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub>** : 7.70 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 7.42 cm

**i<sub>z</sub>** : 2.06 cm

**y<sub>o</sub>, z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>o</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$30.94 \leq 250.32 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{164.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{8.69} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{7.28} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

### Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.76} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pesoforjados} + 0.8 \cdot \text{Pesogradas} + 0.8 \cdot \text{Pesoescaleras} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{Usosforjados} + 1.5 \cdot \text{Usoescaleras}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.42} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**Clase :** 1

**A :** 23.90 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa  
**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :** 536.11 kN

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**A :** 23.90 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa  
**γ<sub>M1</sub> :** 1.05

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :** 1.00

**χ<sub>z</sub> :** 0.86

**φ<sub>y</sub> :** 0.51

**φ<sub>z</sub> :** 0.72

Siendo:

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub> :** 0.21

**α<sub>z</sub> :** 0.34

**λ̄:** Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub> :** 0.16

**λ̄<sub>z</sub> :** 0.56

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr</sub> :** 2093.34 kN

**N<sub>cr,y</sub> :** 27296.36 kN

**N<sub>cr,z</sub> :** 2093.34 kN

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

**η :** 0.767 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N552, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoescaleras.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup> :** 33.34 kN·m

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup> :** 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub> :** 43.48 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

**W<sub>pl,y</sub> :** 166.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.031 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N553, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Peso forjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Uso forjados+1.5·Usoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 5.19 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 169.42 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 11.20 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 180.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.30 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

27.55 < 64.71 ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 27.55

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  
 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_{ref}$ : 235.00 MPa  
 $f_y$ : 275.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$2.58 \text{ kN} \leq 84.71 \text{ kN}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usoescaleras.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 2.58 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$ : 169.42 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.771 ✓

$\eta$ : 0.771 ✓

$\eta$ : 0.465 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N552, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Q+1.5·Usoforjados+1.5·Usoescaleras.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$ : 2.42 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+$ : 33.34 kN·m  
 $M_{z,Ed}^+$ : 0.00 kN·m  
**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase**: 1  
 $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd}$ : 625.95 kN  
 $M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$ : 43.48 kN·m  
 $M_{pl,Rd,z}$ : 9.06 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A**: 23.90 cm<sup>2</sup>  
 $W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y}$ : 166.00 cm<sup>3</sup>  
 $W_{pl,z}$ : 34.60 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1}$ : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.  $k_y$ : 1.00

|   |                     |             |
|---|---------------------|-------------|
|   | $k_z$ :             | <u>1.00</u> |
| $C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y}$ :         | <u>1.00</u> |
|   | $C_{m,z}$ :         | <u>1.00</u> |
| $\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                    | $\chi_y$ :          | <u>1.00</u> |
|   | $\chi_z$ :          | <u>0.86</u> |
| $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. | $\bar{\lambda}_y$ : | <u>0.16</u> |
|   | $\bar{\lambda}_z$ : | <u>0.56</u> |
| $\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y$ :        | <u>0.60</u> |
|   | $\alpha_z$ :        | <u>0.60</u> |

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Pesoforjados+0.8·Pesogradas+0.8·Pesoescaleras+1.5·Usosescaleras.

**2.58 kN ≤ 84.71 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  
 $V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$  : 2.58 kN  
 $V_{c,Rd,z}$  : 169.42 kN

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 0.20 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd}$  : 187.53 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 23.90 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{78.46}$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{78.46}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.29}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.002}$  ✓

$\eta : \underline{0.003}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \underline{0.38}$  kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{187.53}$  kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 23.90 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{78.46}$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{78.46}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.29}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{132.13}$  kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 23.90 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{78.46}$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 78.46$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.29$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 1.00$

$\chi_z : 0.70$

Siendo:

$\phi_y : 0.52$

$\phi_z : 0.90$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 0.20$

$\bar{\lambda}_z : 0.73$

$k_{\alpha,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\alpha,\theta} : 1.31$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 2093.34$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 27296.36$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 2093.34$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.065$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N553, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.85$  kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 0.00$  kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 13.03$  kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 166.00$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 78.46$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 78.46$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : 0.29$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.006$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N553, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.30$  kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : 50.76$  kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v : 11.20$  cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h : 180.00$  mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w : 5.30$  mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 78.46$  MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : 78.46$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00$  MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : 0.29$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$27.55 < 64.71$$



Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{27.55}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### **Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.20 \text{ kN} \leq 25.38 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5-V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{50.76} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.066}$$



$$\eta : \underline{0.066}$$



$$\eta : \underline{0.041}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N552, para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(0°)H4.

Donde:

|   |  |
|---|--|
| <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.   | <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>0.38</u> kN               |
| <b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.                                | <b>M<sub>y,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>0.84</u> kN·m |
|   | <b>M<sub>z,Ed</sub><sup>+</sup></b> : <u>0.00</u> kN·m |
| <b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. | <b>Clase</b> : <u>1</u>                                |
| <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.  | <b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>187.53</u> kN            |
| <b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.     | <b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>13.03</u> kN·m         |
|   | <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>2.71</u> kN·m          |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

|   |   |
|---|---|
| <b>A</b> : Área de la sección bruta.  | <b>A</b> : <u>23.90</u> cm <sup>2</sup>                 |
| <b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. | <b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>166.00</u> cm <sup>3</sup> |
|   | <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>34.60</u> cm <sup>3</sup>  |
| <b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.   | <b>f<sub>yd</sub></b> : <u>78.46</u> MPa                |

Siendo:

|  |   |
|--|---|
| <b>f<sub>y,θ</sub></b> : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. | <b>f<sub>y,θ</sub></b> : <u>78.46</u> MPa |
|--|---|

|   |  |
|---|--|
| <b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  | <b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa |
| <b>k<sub>y,θ</sub></b> : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. | <b>k<sub>y,θ</sub></b> : <u>0.29</u>     |

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material. | <b>γ<sub>M,θ</sub></b> : <u>1.00</u> |
|---|--------------------------------------|

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

**k<sub>y</sub>** : 1.00

**k<sub>z</sub>** : 1.00

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

**C<sub>m,y</sub>** : 1.00

**C<sub>m,z</sub>** : 1.00

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**χ<sub>y</sub>** : 1.00

**χ<sub>z</sub>** : 0.70

**λ<sub>y</sub>, λ<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

**λ<sub>y</sub>** : 0.20

**λ<sub>z</sub>** : 0.73

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

**α<sub>y</sub>** : 0.60

**α<sub>z</sub>** : 0.60

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+Pesoforjados+Pesogradas+Pesoescaleras+0.5·V(180°)H3.

**0.20 kN ≤ 25.38 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$  :  $\frac{0.20}{\quad}$  kN

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$  :  $\frac{50.76}{\quad}$  kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 3.1.9.6 Ascensor

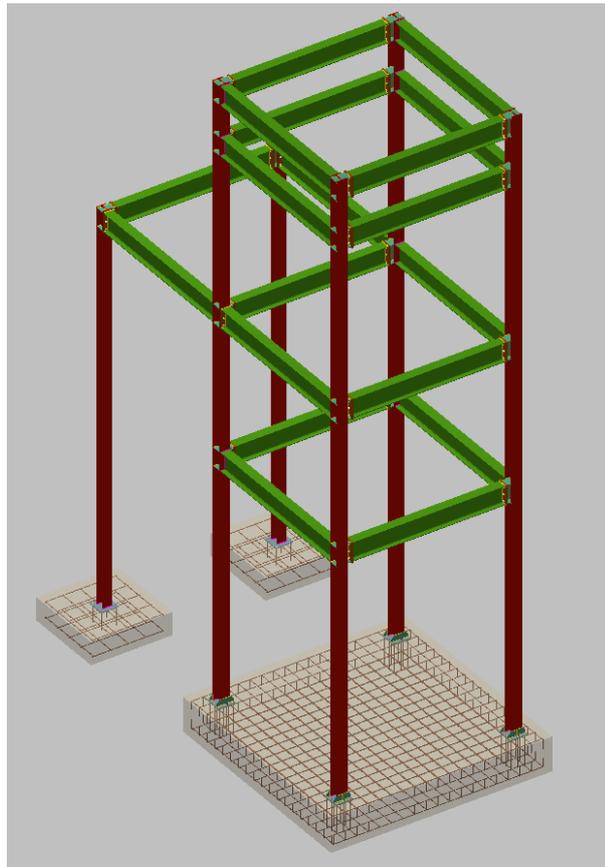


Figura 92 Estructura de la caja del ascensor (irá conectado al pabellón a través de la pasarela de 3m que se observa).

Se adjuntan las comprobaciones a resistencia, flechas y E.L.U. resumidos.

#### 3.1.9.6.1 Resistencia

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100$  %.

| Comprobación de resistencia |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra                       | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|                             |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N1/N2                       | 1.37          | 0.000           | -1.459            | 0.000      | -3.776     | 0.00         | -1.89        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N3/N4                       | 1.37          | 0.000           | -1.459            | 0.000      | -3.776     | 0.00         | -1.89        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N9/N13                      | 28.11         | 0.000           | -27.233           | 1.971      | 0.747      | 0.01         | 2.20         | 6.80         | GV     | Cumple |
| N8/N14                      | 28.11         | 0.000           | -27.233           | -1.971     | 0.747      | -0.01        | 2.20         | -6.80        | GV     | Cumple |
| N7/N5                       | 72.91         | 0.000           | -87.935           | -15.657    | 1.846      | -0.01        | 3.97         | -32.60       | GV     | Cumple |
| N5/N6                       | 36.40         | 2.810           | -44.789           | -9.568     | 5.942      | 0.00         | -4.87        | 16.74        | GV     | Cumple |
| N6/N24                      | 18.23         | 0.000           | -28.977           | -8.333     | -3.989     | 0.00         | -1.82        | -8.55        | GV     | Cumple |
| N24/N1                      | 2.79          | 0.000           | -10.734           | -2.933     | 1.917      | 0.00         | -0.46        | -1.08        | GV     | Cumple |
| N11/N15                     | 72.91         | 0.000           | -87.935           | 15.657     | 1.846      | 0.01         | 3.97         | 32.60        | GV     | Cumple |
| N15/N20                     | 35.98         | 0.000           | -54.073           | 15.398     | -2.228     | 0.00         | 0.38         | 18.34        | GV     | Cumple |
| N20/N21                     | 17.63         | 0.000           | -28.977           | 8.333      | -3.989     | 0.00         | -1.82        | 8.55         | GV     | Cumple |
| N21/N3                      | 2.78          | 0.880           | -12.934           | 0.450      | -0.658     | 0.00         | 0.57         | -0.95        | GV     | Cumple |
| N10/N16                     | 70.65         | 0.000           | -113.470          | 13.905     | 1.650      | 0.01         | 3.68         | 28.95        | GV     | Cumple |
| N16/N19                     | 34.90         | 0.000           | -76.647           | 13.323     | 5.039      | 0.01         | 3.54         | 15.53        | GV     | Cumple |
| N19/N23                     | 18.85         | 0.000           | -29.944           | 8.698      | 4.358      | -0.01        | 2.16         | 9.13         | GV     | Cumple |
| N23/N4                      | 3.39          | 0.000           | -10.772           | 2.933      | -0.980     | 0.00         | 1.22         | 1.08         | GV     | Cumple |
| N12/N17                     | 70.65         | 0.000           | -113.470          | -13.905    | 1.650      | -0.01        | 3.68         | -28.95       | GV     | Cumple |
| N17/N18                     | 34.90         | 0.000           | -76.647           | -13.323    | 5.039      | -0.01        | 3.54         | -15.53       | GV     | Cumple |
| N18/N22                     | 18.85         | 0.000           | -29.944           | -8.698     | 4.358      | 0.01         | 2.16         | -9.13        | GV     | Cumple |
| N22/N2                      | 3.39          | 0.000           | -10.772           | -2.933     | -0.980     | 0.00         | 1.22         | -1.08        | GV     | Cumple |
| N5/N15                      | 23.98         | 0.000           | -0.420            | 0.159      | -33.736    | 0.00         | -49.19       | 0.24         | GV     | Cumple |
| N15/N16                     | 20.06         | 3.000           | -1.677            | 0.000      | -27.219    | 0.00         | 42.01        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N17/N16                     | 21.05         | 0.000           | -0.420            | 0.164      | -29.600    | 0.00         | -42.99       | 0.25         | GV     | Cumple |
| N5/N17                      | 20.06         | 3.000           | -1.677            | 0.000      | -27.219    | 0.00         | 42.01        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N14/N13                     | 10.09         | 0.000           | -0.006            | 1.895      | -5.223     | 0.00         | -6.40        | 2.84         | GV     | Cumple |
| N18/N14                     | 11.76         | 0.000           | -1.718            | 1.965      | -21.565    | 0.00         | -8.65        | 3.04         | GV     | Cumple |
| N18/N19                     | 16.66         | 0.000           | -0.997            | 1.522      | -16.280    | 0.00         | -23.04       | 2.28         | GV     | Cumple |
| N19/N13                     | 11.76         | 0.000           | -1.718            | -1.965     | -21.565    | 0.00         | -8.65        | -3.04        | GV     | Cumple |
| N6/N18                      | 10.42         | 0.000           | -2.661            | 0.000      | 12.978     | 0.00         | 21.58        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N6/N20                      | 12.03         | 0.000           | -0.997            | 0.014      | -17.642    | 0.00         | -25.08       | 0.02         | GV     | Cumple |
| N20/N19                     | 10.42         | 0.000           | -2.661            | 0.000      | 12.978     | 0.00         | 21.58        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N2/N4                       | 0.85          | 0.000           | -0.535            | 0.085      | -1.531     | 0.00         | -1.06        | 0.13         | GV     | Cumple |
| N1/N3                       | 0.80          | 0.000           | -0.535            | 0.085      | -1.462     | 0.00         | -0.96        | 0.13         | GV     | Cumple |
| N22/N23                     | 3.92          | 0.000           | -0.325            | 0.102      | -5.642     | 0.00         | -7.41        | 0.15         | GV     | Cumple |
| N24/N22                     | 3.53          | 3.000           | -1.951            | 0.000      | 5.261      | 0.00         | -7.18        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N24/N21                     | 3.67          | 0.000           | -0.325            | 0.097      | -5.313     | 0.00         | -6.92        | 0.15         | GV     | Cumple |
| N21/N23                     | 3.53          | 3.000           | -1.951            | 0.000      | 5.261      | 0.00         | -7.18        | 0.00         | GV     | Cumple |

## 3.1.9.6.2 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

| Flechas |  |                |  |                |  |                |  |                |
|---------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
| Grupo   | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|         | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N1/N2   | 2.357  | 0.01           | 1.500  | 0.05           | 2.357  | 0.01           | 1.500  | 0.06           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N3/N4   | 2.357  | 0.01           | 1.500  | 0.05           | 2.357  | 0.01           | 1.500  | 0.06           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N9/N13  | 1.286  | 1.86           | 5.145  | 1.32           | 1.286  | 3.72           | 1.715  | 2.30           |
|         | 1.286  | L/(>1000)      | 5.145  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 5.145  | L/(>1000)      |
| N8/N14  | 1.286  | 1.86           | 5.145  | 1.32           | 1.286  | 3.72           | 1.715  | 2.30           |
|         | 1.286  | L/(>1000)      | 5.145  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 5.145  | L/(>1000)      |
| N10/N4  | 3.797  | 8.60           | 5.856  | 3.50           | 3.797  | 17.18          | 5.856  | 6.74           |
|         | 3.797  | L/(>1000)      | 5.856  | L/(>1000)      | 3.797  | L/(>1000)      | 5.856  | L/(>1000)      |
| N11/N3  | 3.797  | 9.79           | 3.797  | 3.38           | 3.797  | 19.57          | 5.856  | 6.56           |
|         | 3.797  | L/980.8        | 3.797  | L/(>1000)      | 3.797  | L/981.8        | 3.797  | L/(>1000)      |
| N12/N2  | 3.797  | 8.60           | 5.856  | 3.50           | 3.797  | 17.18          | 5.856  | 6.74           |
|         | 3.797  | L/(>1000)      | 5.856  | L/(>1000)      | 3.797  | L/(>1000)      | 5.856  | L/(>1000)      |
| N7/N5   | 1.013  | 2.22           | 1.013  | 0.88           | 1.013  | 4.43           | 1.013  | 1.76           |
|         | 1.013  | L/993.0        | 1.013  | L/(>1000)      | 1.013  | L/993.6        | 1.013  | L/(>1000)      |
| N5/N6   | 2.208  | 0.65           | 2.007  | 0.25           | 2.208  | 1.29           | 2.007  | 0.48           |
|         | 2.208  | L/(>1000)      | 2.007  | L/(>1000)      | 2.208  | L/(>1000)      | 2.007  | L/(>1000)      |
| N6/N1   | 2.208  | 0.87           | 2.208  | 0.43           | 2.208  | 1.73           | 2.208  | 0.82           |
|         | 2.208  | L/(>1000)      | 2.208  | L/(>1000)      | 2.208  | L/(>1000)      | 2.208  | L/(>1000)      |
| N5/N15  | 2.357  | 0.01           | 2.357  | 0.20           | 2.357  | 0.03           | 2.357  | 0.38           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N15/N16 | 0.643  | 0.01           | 2.357  | 0.18           | 0.643  | 0.03           | 2.357  | 0.34           |
|         | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N17/N16 | 0.643  | 0.01           | 2.357  | 0.18           | 0.643  | 0.03           | 2.357  | 0.33           |
|         | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N5/N17  | 0.643  | 0.01           | 2.357  | 0.18           | 0.643  | 0.03           | 2.357  | 0.34           |
|         | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N14/N13 | 2.357  | 0.17           | 2.143  | 0.04           | 2.357  | 0.33           | 2.357  | 0.05           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      |
| N18/N14 | 0.643  | 0.20           | 1.286  | 0.41           | 0.643  | 0.40           | 1.071  | 0.36           |
|         | 0.643  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N18/N19 | 0.643  | 0.13           | 0.643  | 0.10           | 0.643  | 0.27           | 0.643  | 0.18           |
|         | 0.643  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N19/N13 | 0.643  | 0.20           | 1.286  | 0.41           | 0.643  | 0.40           | 1.071  | 0.36           |
|         | 0.643  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N6/N18  | 1.714  | 0.18           | 1.071  | 0.16           | 1.714  | 0.35           | 0.857  | 0.30           |
|         | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      |
| N6/N20  | 2.357  | 0.00           | 0.643  | 0.11           | 2.357  | 0.00           | 0.643  | 0.19           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N20/N19 | 1.714  | 0.18           | 1.071  | 0.16           | 1.714  | 0.35           | 0.857  | 0.30           |
|         | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      |
| N2/N4   | 2.357  | 0.01           | 1.714  | 0.02           | 2.357  | 0.01           | 2.357  | 0.01           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N1/N3   | 2.357  | 0.01           | 1.286  | 0.02           | 2.357  | 0.01           | 0.643  | 0.01           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      |
| N22/N23 | 2.357  | 0.01           | 1.500  | 0.05           | 2.357  | 0.02           | 0.857  | 0.06           |
|         | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      |



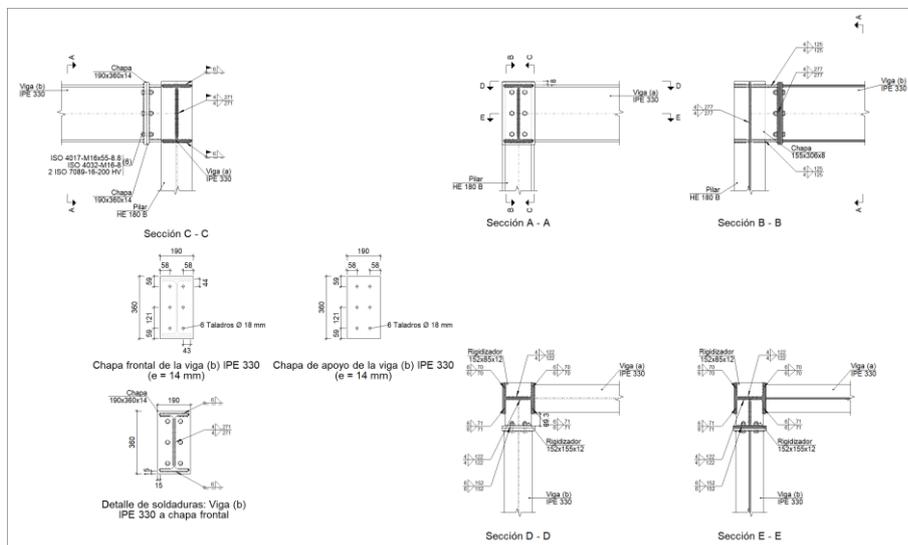
| Barras  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)    |  |              |              |                                  |                                  |                                  |              |              |                                  |                                  |                 |                            | Estado  |           |                               |
|---------|---------------------------------|--|--------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------|---------|-----------|-------------------------------|
|         | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_w$                                | $N_t$        | $N_c$        | $M_y$                            | $M_z$                            | $V_z$                            | $V_y$        | $M_y V_z$    | $M_z V_y$                        | $N M_y M_z$                      | $N M_y V_z V_y$ | $M_t$                      |         | $M_y V_z$ | $M_z V_y$                     |
| N21/N23 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | $\eta = 0.5$ | $\eta = 0.2$ | $x: 3 \text{ m}$<br>$\eta = 3.4$ | $x: 0 \text{ m}$<br>$\eta = 0.4$ | $x: 3 \text{ m}$<br>$\eta = 1.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $x: 0 \text{ m}$<br>$\eta < 0.1$ | $x: 3 \text{ m}$<br>$\eta = 3.5$ | $\eta < 0.1$    | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2)   | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 3.5$ |

**Notación:**  
 $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida  
 $N_t$ : Resistencia a tracción  
 $N_c$ : Resistencia a compresión  
 $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y  
 $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z  
 $V_y$ : Resistencia a corte Y  
 $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 $N M_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $N M_y V_z V_y$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_y V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_z V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 $x$ : Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

3.1.9.6.4 Uniones

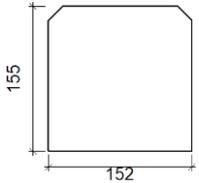
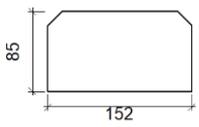
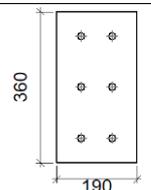
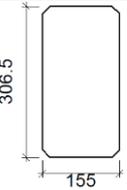
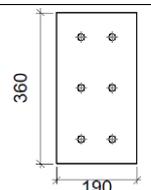
1.1.1.3.- Tipo 1

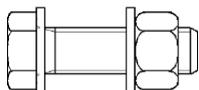
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Pieza | Descripción | Perfiles |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|-------|-------------|----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
|       |             | Esquema  | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar | HE 180 B    |          | 180              | 180                | 14                   | 8.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga  | IPE 330     |          | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 152        | 155        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |    | 152        | 85         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |   | 155        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                         | Esbeltez             | --                | --     | --         | 27.63      |
|                               | Cortante             | kN                | 11.25  | 382.31     | 2.94       |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 5.16   | 261.90     | 1.97       |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 5.48   | 261.90     | 2.09       |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 2.85   | 261.90     | 1.09       |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 3.21   | 261.90     | 1.23       |

|                                   |                                |                      |      |        |        |      |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|------|--------|--------|------|
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --   | --     | 0.00   |      |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --   | 2      | 0.00   |      |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 3.89 | 151.21 | 2.57   |      |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 7.48 | 261.90 | 2.86   |      |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 6.32 | 261.90 | 2.41   |      |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN   | 0.73   | 238.86 | 0.30 |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN   | 2.74   | 180.86 | 1.51 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN   | 1.29   | 156.16 | 0.82 |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                           | 6                                   | 71                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                           | 6                                   | 71                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                           | 6                                   | 70                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                           | 6                                   | 70                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 125                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 125                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 1.2                                 | 1.2                                 | 2.8                                  | 5.4                        | 1.40            | 2.0                                 | 0.61       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 2.5                                  | 4.3                        | 1.10            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 1.2                                 | 1.2                                 | 0.0                                  | 2.4                        | 0.61            | 1.2                                 | 0.36       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 1.2                                 | 1.2                                 | 2.9                                  | 5.6                        | 1.45            | 2.3                                 | 0.69       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 2.8                                  | 4.8                        | 1.25            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 1.4                                 | 1.4                                 | 0.0                                  | 2.8                        | 0.72            | 1.4                                 | 0.42       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 2.0                                 | 2.0                                 | 0.0                                  | 4.0                        | 1.04            | 2.0                                 | 0.61       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 2.5                                  | 4.3                        | 1.10            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 2.3                                 | 2.3                                 | 0.0                                  | 4.6                        | 1.18            | 2.3                                 | 0.70       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 2.8                                  | 4.8                        | 1.25            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 0.7                                  | 1.2                        | 0.31            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 0.7                                  | 1.2                        | 0.31            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.9                                  | 6.7                        | 1.75            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 2.0                                  | 3.5                        | 0.90            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

## 2) Viga (a) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 2.3                                 | 2.3                                 | 0.0                                  | 4.5                        | 1.17       | 2.3                                 | 0.69       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 2.0                                 | 2.0                                 | 1.7                                  | 5.0                        | 1.30       | 2.0                                 | 0.61       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 2.4                                 | 2.4                                 | 0.0                                  | 4.9                        | 1.27       | 2.5                                 | 0.75       | 410.0                               | 0.85           |

3) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 2.74   | 180.86     | 1.51       |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 4.22   | 481.58     | 0.88       |
|                               | Tracción             | kN       | 0.73   | 240.95     | 0.30       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 1.29   | 149.26     | 0.86       |

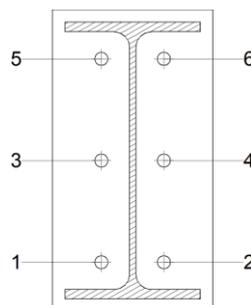
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 2.1                                 | 2.1                                 | 0.0                                  | 4.2                        | 1.09       | 2.1                                 | 0.64       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 2.0                                 | 2.0                                 | 0.7                                  | 4.2                        | 1.09       | 2.0                                 | 0.62       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 2.2                                 | 2.2                                 | 0.0                                  | 4.5                        | 1.16       | 2.2                                 | 0.68       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

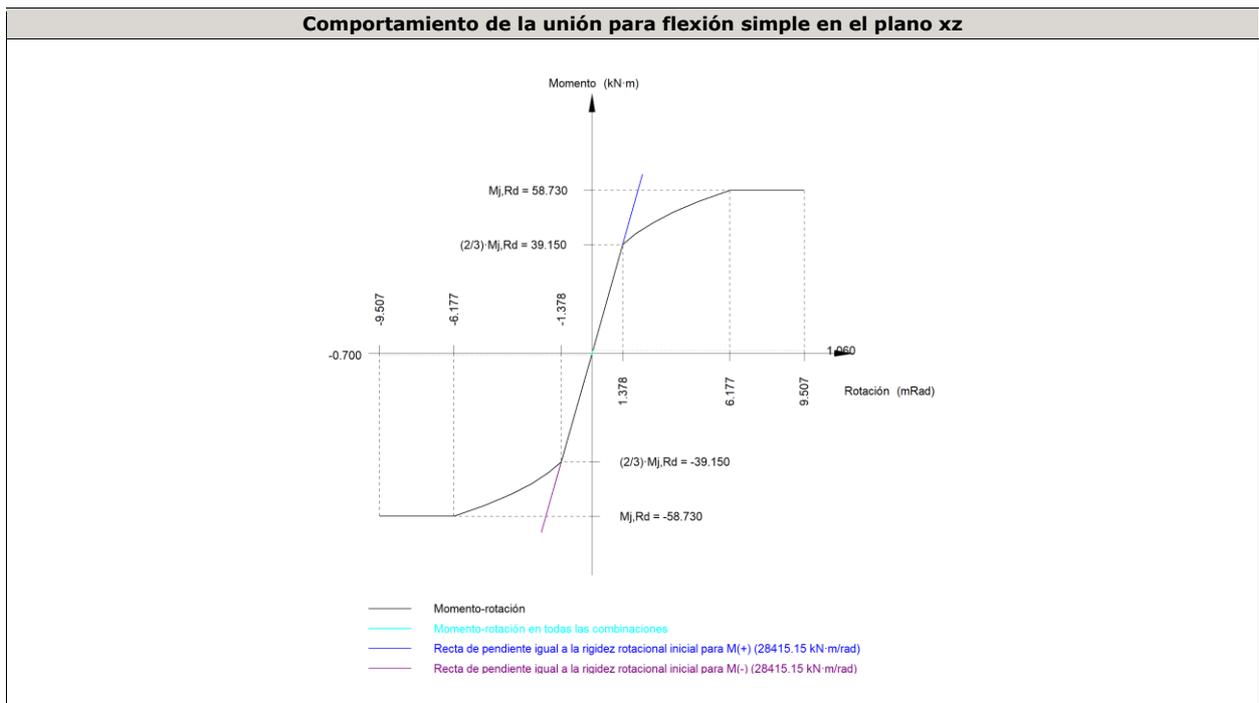


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 1.534       | 50.240          | 3.05       | Vástago       | 0.932       | 90.432          | 1.03       | 3.06                            | 3.06            |
|             | Aplastamiento       | 1.534       | 183.680         | 0.84       | Punzonamiento | 0.932       | 219.639         | 0.42       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 1.464       | 50.240          | 2.91       | Vástago       | 0.800       | 90.432          | 0.88       | 2.91                            | 2.91            |
|             | Aplastamiento       | 1.464       | 183.680         | 0.80       | Punzonamiento | 0.800       | 219.639         | 0.36       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 0.163       | 50.240          | 0.32       | Vástago       | 0.822       | 90.432          | 0.91       | 0.65                            | 0.91            |
|             | Aplastamiento       | 0.163       | 183.680         | 0.09       | Punzonamiento | 0.822       | 219.639         | 0.37       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 0.163       | 50.240          | 0.32       | Vástago       | 0.912       | 90.432          | 1.01       | 0.72                            | 1.01            |
|             | Aplastamiento       | 0.163       | 183.680         | 0.09       | Punzonamiento | 0.912       | 219.639         | 0.42       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 0.687       | 50.240          | 1.37       | Vástago       | 1.251       | 90.432          | 1.38       | 1.37                            | 1.38            |
|             | Aplastamiento       | 0.687       | 183.680         | 0.37       | Punzonamiento | 1.251       | 219.639         | 0.57       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 0.645       | 50.240          | 1.28       | Vástago       | 1.369       | 90.432          | 1.51       | 1.28                            | 1.51            |
|             | Aplastamiento       | 0.645       | 183.680         | 0.35       | Punzonamiento | 1.369       | 219.639         | 0.62       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11291.79               | 28415.15               |
| Calculada para momentos negativos | 11291.79               | 28415.15               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 1.06   | 58.73      | 1.80       |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 3.923  | 667        | 0.59       |

d) Medición

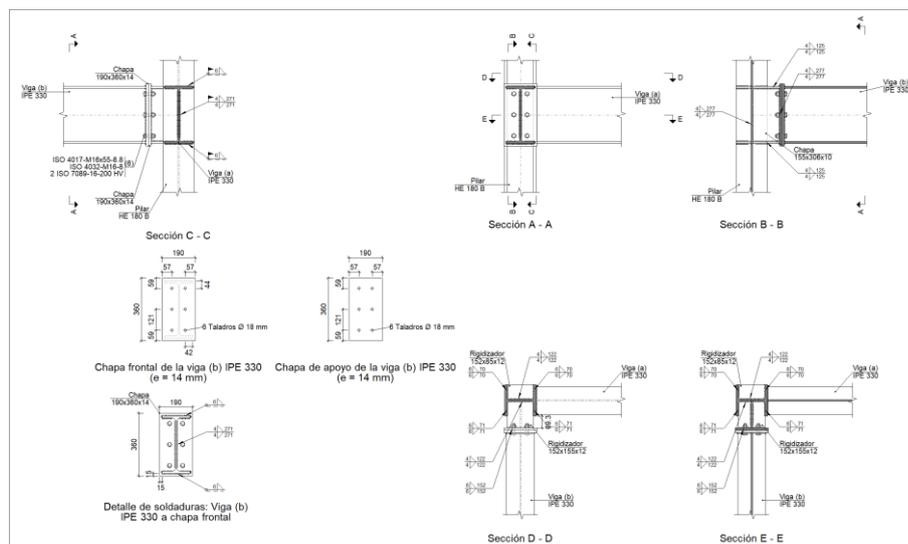
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 3124                      |
|             |                        |           | 6                        | 2485                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|             |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |       |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|-------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |       |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 152x155x12       | 4.44      |       |
|          |               | 2        | 152x85x12        | 2.43      |       |
|          | Chapas        | 1        | 155x306x8        | 2.98      |       |
|          |               | 2        | 190x360x14       | 15.03     |       |
|          | Total         |          |                  |           | 24.89 |

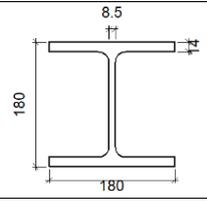
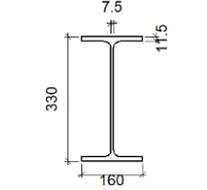
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |

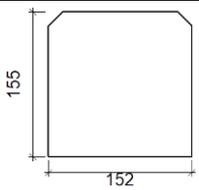
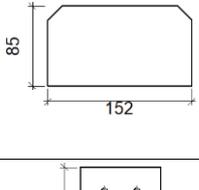
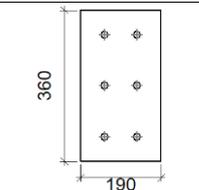
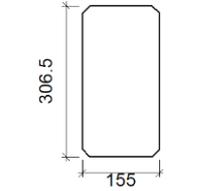
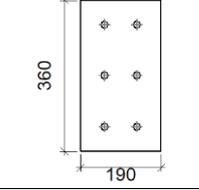
1.1.1.3.- Tipo 3

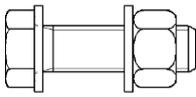
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 180 B    |  | 180              | 180                | 14                   | 8.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 152        | 155        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |  | 152        | 85         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 155        | 306.5      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|--|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |  |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 27.63      |       |  |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 254.58 | 382.31     | 66.59      |       |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 179.43 | 261.90     | 68.51      |       |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 179.91 | 261.90     | 68.69      |       |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 64.41  | 261.90     | 24.59      |       |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 63.63  | 261.90     | 24.30      |       |  |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |  |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 171.94 | 189.01     | 90.96      |       |  |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 230.72 | 261.90     | 88.09      |       |  |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 98.45  | 261.90     | 37.59      |       |  |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 34.27      | 238.86     | 14.35 |  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 131.72     | 180.86     | 72.83 |  |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 63.19      | 190.07     | 33.25 |  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 71     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 122    | 8.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 71     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 122    | 8.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 70     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 122    | 8.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 70     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 122    | 8.5    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.5    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 125    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 125    | 10.0   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                           |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 0.0                                   | 0.0                                 | 103.6                            | 179.4                      | 46.50      | 45.1                                  | 13.74      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                   | 0.0                                 | 55.4                             | 96.0                       | 24.89      | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | 59.9                                  | 59.9                                | 0.0                              | 119.8                      | 31.04      | 59.9                                  | 18.26      | 410.0                      | 0.85      |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 4.6                                      | 4.6                                    | 103.8                                      | 180.0                         | 46.65         | 44.5                                     | 13.58         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 54.8                                       | 94.9                          | 24.59         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 59.9                                     | 59.9                                   | 0.0  | 119.9                         | 31.06         | 59.9                                     | 18.27         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 45.6                                     | 45.6                                   | 0.0  | 91.1                          | 23.61         | 45.6                                     | 13.89         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 55.4                                       | 96.0                          | 24.89         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 45.0                                     | 45.0                                   | 0.0  | 90.0                          | 23.33         | 45.0                                     | 13.72         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 54.8                                       | 94.9                          | 24.59         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 15.3                                       | 26.4                          | 6.85          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 15.3                                       | 26.4                          | 6.85          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 171.9                                      | 297.8                         | 77.17         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 170.9                                      | 296.1                         | 76.72         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

## 2) Viga (a) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 50.6                                     | 50.6                                   | 0.0  | 101.1                         | 26.21         | 50.6                                     | 15.41         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 40.8                                     | 40.8                                   | 12.6                                       | 84.5                          | 21.90         | 40.8                                     | 12.45         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 50.1                                     | 50.1                                   | 0.0  | 100.3                         | 25.98         | 50.1                                     | 15.28         | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 131.72 | 180.86     | 72.83      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 188.72 | 481.90     | 39.16      |
|                               | Tracción             | kN       | 35.45  | 240.95     | 14.71      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 60.83  | 152.66     | 39.84      |

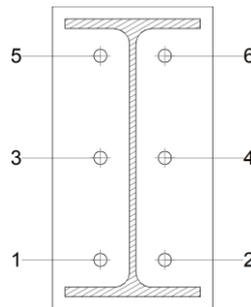
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 80.0                                     | 80.0                                   | 0.0                                 | 159.9                         | 41.44         | 80.0                                     | 24.38         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 94.9                                     | 94.9                                   | 15.6                                | 191.8                         | 49.70         | 95.0                                     | 28.95         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 79.9                                     | 79.9                                   | 0.1                                 | 159.7                         | 41.40         | 79.9                                     | 24.35         | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos

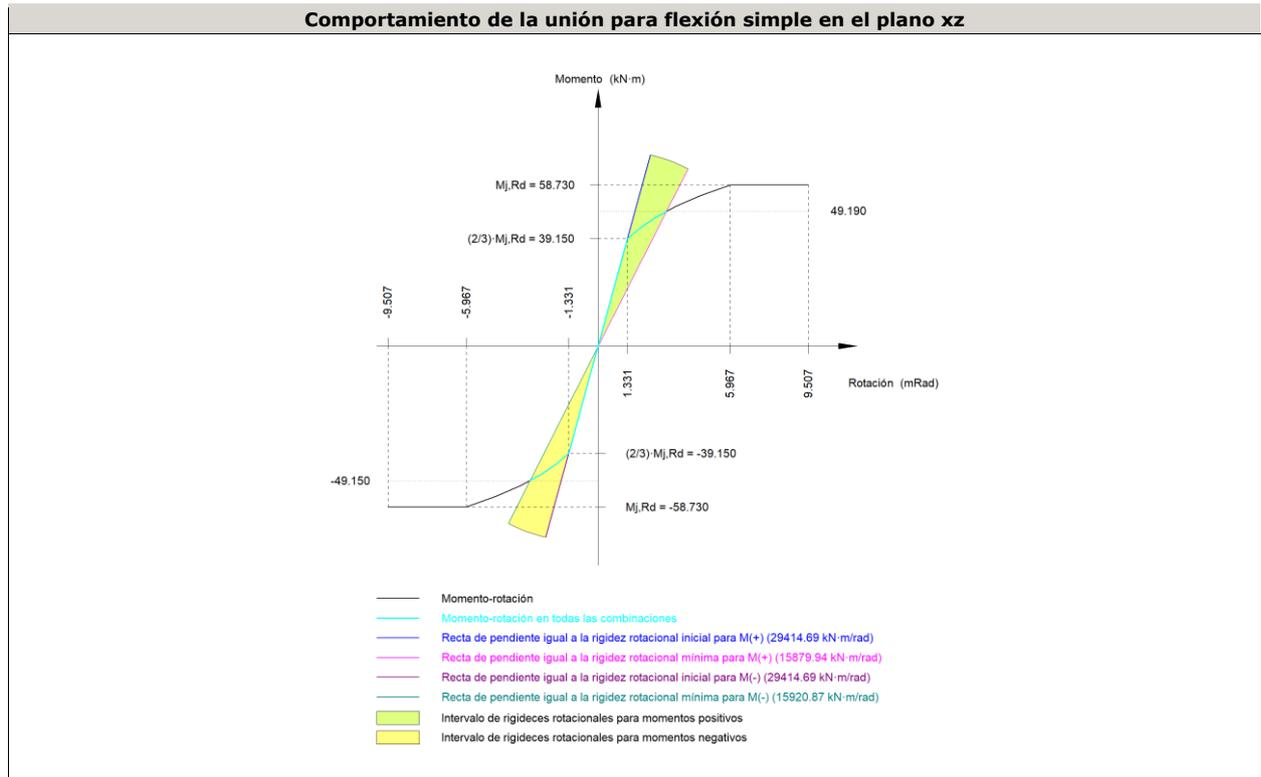


| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |  |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 57            | 121           | 76            | 32.3        |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 57            | 121           | 76            | 32.3        |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 57            | 121           | 76            | 33.0        |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 57            | 121           | 76            | 33.0        |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 57            | 121           | 76            | 32.3        |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 57            | 121           | 76            | 32.3        |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |                |                    |               |               |                |                    |               |                                 |                 |
|-------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|---------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |                |                    |               | Tracción      |                |                    |               | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo<br>(kN) | Resistente<br>(kN) | Aprov.<br>(%) | Comprobación  | Pésimo<br>(kN) | Resistente<br>(kN) | Aprov.<br>(%) | Aprov.<br>(%)                   |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.624          | 50.240             | 11.19         | Vástago       | 65.578         | 90.432             | 72.52         | 62.48                           | 72.52           |
|             | Aplastamiento       | 5.624          | 183.680            | 3.06          | Punzonamiento | 65.578         | 219.639            | 29.86         |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.622          | 50.240             | 11.19         | Vástago       | 65.795         | 90.432             | 72.76         | 62.64                           | 72.76           |
|             | Aplastamiento       | 5.622          | 183.680            | 3.06          | Punzonamiento | 65.795         | 219.639            | 29.96         |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.624          | 50.240             | 11.19         | Vástago       | 43.036         | 90.432             | 47.59         | 45.19                           | 47.59           |
|             | Aplastamiento       | 5.624          | 183.680            | 3.06          | Punzonamiento | 43.036         | 219.639            | 19.59         |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.622          | 50.240             | 11.19         | Vástago       | 42.992         | 90.432             | 47.54         | 44.97                           | 47.54           |
|             | Aplastamiento       | 5.622          | 183.680            | 3.06          | Punzonamiento | 42.992         | 219.639            | 19.57         |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.624          | 50.240             | 11.19         | Vástago       | 65.862         | 90.432             | 72.83         | 63.22                           | 72.83           |
|             | Aplastamiento       | 5.624          | 183.680            | 3.06          | Punzonamiento | 65.862         | 219.639            | 29.99         |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.622          | 50.240             | 11.19         | Vástago       | 65.645         | 90.432             | 72.59         | 63.04                           | 72.59           |
|             | Aplastamiento       | 5.622          | 183.680            | 3.06          | Punzonamiento | 65.645         | 219.639            | 29.89         |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11934.47               | 29414.69               |
| Calculada para momentos negativos | 11934.47               | 29414.69               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78    | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 49.19   | 58.73      | 83.76      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 325.840 | 667        | 48.88      |

d) Medición

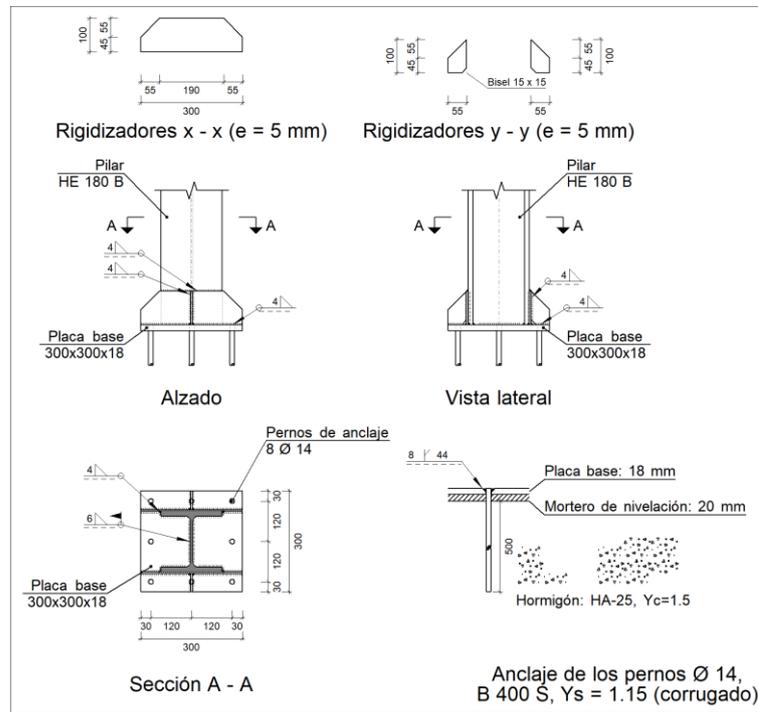
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 3124                      |
|             |                        |           | 6                        | 2485                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|             |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |       |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|-------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |       |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 152x155x12       | 4.44      |       |
|          |               | 2        | 152x85x12        | 2.43      |       |
|          | Chapas        | 1        | 155x306x10       | 3.73      |       |
|          |               | 2        | 190x360x14       | 15.03     |       |
|          | Total         |          |                  |           | 25.64 |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |

1.1.1.4.- Tipo 4

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |            |       |                      |                      |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |            | Acero |                      |                      |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Placa base                |           | 300        | 300        | 18           | 8        | 30                     | 16                     | 8          | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador               |           | 300        | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador               |           | 55         | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0                | 410.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |  |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                              | 6                                      | 887                                     | 8.5                           | 90.00              |  |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               | Tensión normal     |  | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) |  |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  | 410.0                                  | 0.85           |

## 2) Placa de anclaje

| Referencia:   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 42 mm<br>Calculado: 121 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 21 mm<br>Calculado: 30 mm  | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a X:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 40.4<br>Calculado: 40.4   | Cumple<br>Cumple                     |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 50 cm  | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br>- Cortante:<br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 59.83 kN<br>Calculado: 52.04 kN<br>Máximo: 41.88 kN<br>Calculado: 2.11 kN<br>Máximo: 59.83 kN<br>Calculado: 55.05 kN | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 49.28 kN<br>Calculado: 49.17 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 320.233 MPa  | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 132 kN<br>Calculado: 1.98 kN   | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 127.227 MPa<br>Calculado: 127.227 MPa<br>Calculado: 220.295 MPa<br>Calculado: 219.756 MPa  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br>Calculado: 13663<br>Calculado: 13663<br>Calculado: 7589.38<br>Calculado: 7634.01                              | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 205.032 MPa  | Cumple                               |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                                      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                        |           |                                  |           |           |                    |
|--|------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Ref.   | Tipo                   | a<br>(mm) | Preparación de<br>bordes<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
| Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la placa base               | En ángulo              | 4         | --                               | 300       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la pieza                    | En ángulo              | 4         | --                               | 100       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura del borde superior a la pieza | En ángulo              | 4         | --                               | 180       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la placa base                | En ángulo              | 4         | --                               | 300       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la pieza                     | En ángulo              | 4         | --                               | 100       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura del borde superior a la pieza  | En ángulo              | 4         | --                               | 180       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base                 | En ángulo              | 4         | --                               | 55        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo    | En ángulo              | 4         | --                               | 85        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base                 | En ángulo              | 4         | --                               | 55        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo    | En ángulo              | 4         | --                               | 85        | 5.0       | 90.00              |
| Soldadura de los pernos a la placa base                            | De penetración parcial | --        | 8                                | 44        | 14.0      | 90.00              |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la placa base               | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la pieza                    | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura del borde superior a la pieza | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la placa base                | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la pieza                     | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura del borde superior a la pieza  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base                 | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo    | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base                 | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo    | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de los pernos a la placa base                            | 0.0                                    | 0.0                                    | 186.3                                   | 322.7                         | 83.63         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

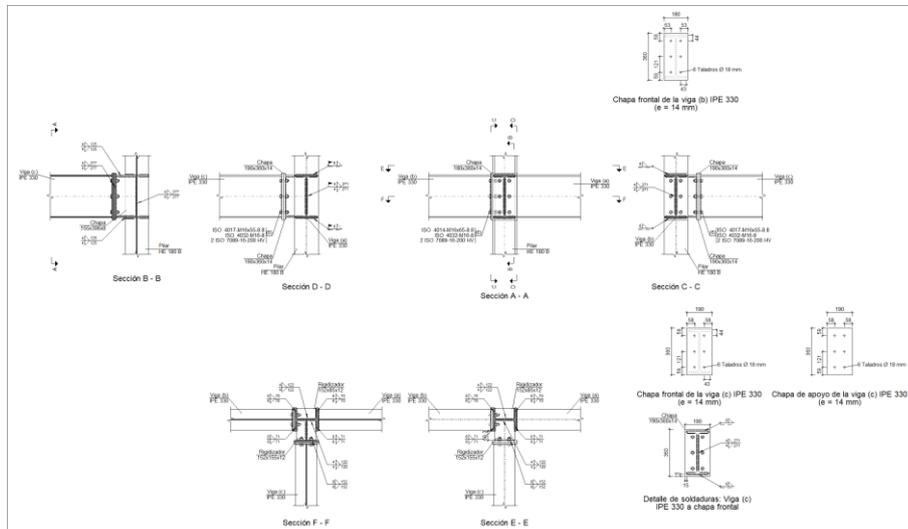
d) Medición

| Soldaduras              |                        |   |                             |                              |
|-------------------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller              | En ángulo                                       | 4                           | 1930                         |
|                         |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 8                           | 352                          |
|                         | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 6                           | 887                          |

| Placas de anclaje                          |                           |          |                     |              |
|--|---------------------------|----------|---------------------|--------------|
| Material                                   | Elementos                 | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275                                       | Placa base                | 1        | 300x300x18          | 12.72        |
|  | Rigidizadores pasantes    | 2        | 300/190x100/45x5    | 2.12         |
|  | Rigidizadores no pasantes | 2        | 55/0x100/45x5       | 0.31         |
|  | Total                     |          |                     | 15.15        |
| B 400 S, Y <sub>s</sub> = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje         | 8        | Ø 14 - L = 552      | 5.34         |
|  | Total                     |          |                     | 5.34         |

1.1.1.6.- Tipo 9

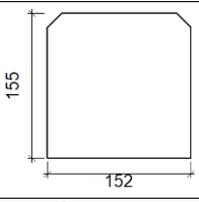
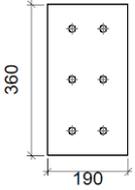
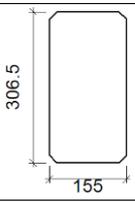
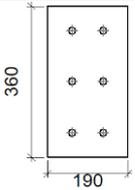
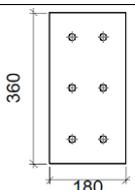
a) Detalle

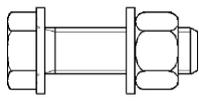
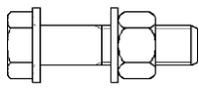


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 180 B    |           | 180              | 180                | 14                   | 8.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador               |           | 152        | 85         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 152        | 155        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 155        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |   | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 180        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 27.63      |
|                                   | Cortante                       | kN                | 183.79 | 382.31     | 48.07      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 46.23  | 261.90     | 17.65      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 44.86  | 261.90     | 17.13      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 99.38  | 261.90     | 37.95      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 101.31 | 261.90     | 38.68      |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 80.45  | 151.21     | 53.20      |
|                                   | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 112.82 | 261.90     | 43.08      |
| Ala                               | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 53.98  | 261.90     | 20.61      |
|                                   | Tracción por flexión           | kN                | 55.71  | 180.86     | 30.80      |
| Viga (b) IPE 330                  | Ala                            | kN                | 12.66  | 254.31     | 4.98       |
|                                   | Alma                           | kN                | 30.39  | 137.10     | 22.17      |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | kN                | 16.81  | 238.86     | 7.04       |
|                                   | Chapa de apoyo                 | kN                | 63.39  | 180.86     | 35.05      |
|                                   | Chapa vertical                 | kN                | 29.77  | 156.16     | 19.06      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 70                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 70                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 71                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 71                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 8.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                           | 4                                   | 125                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                           | 4                                   | 125                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| a: Espesor garganta<br>l: Longitud efectiva<br>t: Espesor de piezas |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 22.5                                | 22.5                                | 0.0                                  | 44.9                       | 11.64           | 22.5                                | 6.85       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 40.0                                 | 69.3                       | 17.97           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 21.4                                | 21.4                                | 0.0                                  | 42.8                       | 11.09           | 21.4                                | 6.53       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 38.9                                 | 67.3                       | 17.44           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 8.4                                 | 8.4                                 | 57.0                                 | 100.1                      | 25.94           | 22.2                                | 6.76       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 40.0                                 | 69.3                       | 17.96           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | 28.1                                | 28.1                                | 0.4                                  | 56.2                       | 14.57           | 28.1                                | 8.57       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 15.9                                | 15.9                                | 57.0                                 | 103.8                      | 26.89           | 21.2                                | 6.47       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 38.9                                 | 67.3                       | 17.45           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | 28.2                                | 28.2                                | 0.4                                  | 56.5                       | 14.63           | 28.2                                | 8.60       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | 0.0                                 | 0.0                                 | 7.4                                  | 12.8                       | 3.30            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 7.4                                  | 12.8                       | 3.30            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | 0.0                                 | 0.0                                 | 80.4                                 | 139.3                      | 36.11           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | 0.0                                 | 0.0                                 | 79.3                                 | 137.4                      | 35.60           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 55.71  | 180.86     | 30.80      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 77.31  | 481.90     | 16.04      |
|                               | Tracción             | kN       | 14.82  | 240.95     | 6.15       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 26.07  | 150.11     | 17.37      |

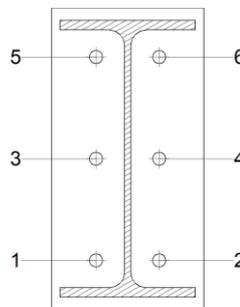
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 33.8                                | 33.8                                | 0.0                                  | 67.6                       | 17.53      | 33.8                                | 10.31      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 40.9                                | 40.9                                | 13.1                                 | 84.9                       | 21.99      | 40.9                                | 12.46      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 31.8                                | 31.8                                | 0.6                                  | 63.6                       | 16.49      | 31.8                                | 9.70       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



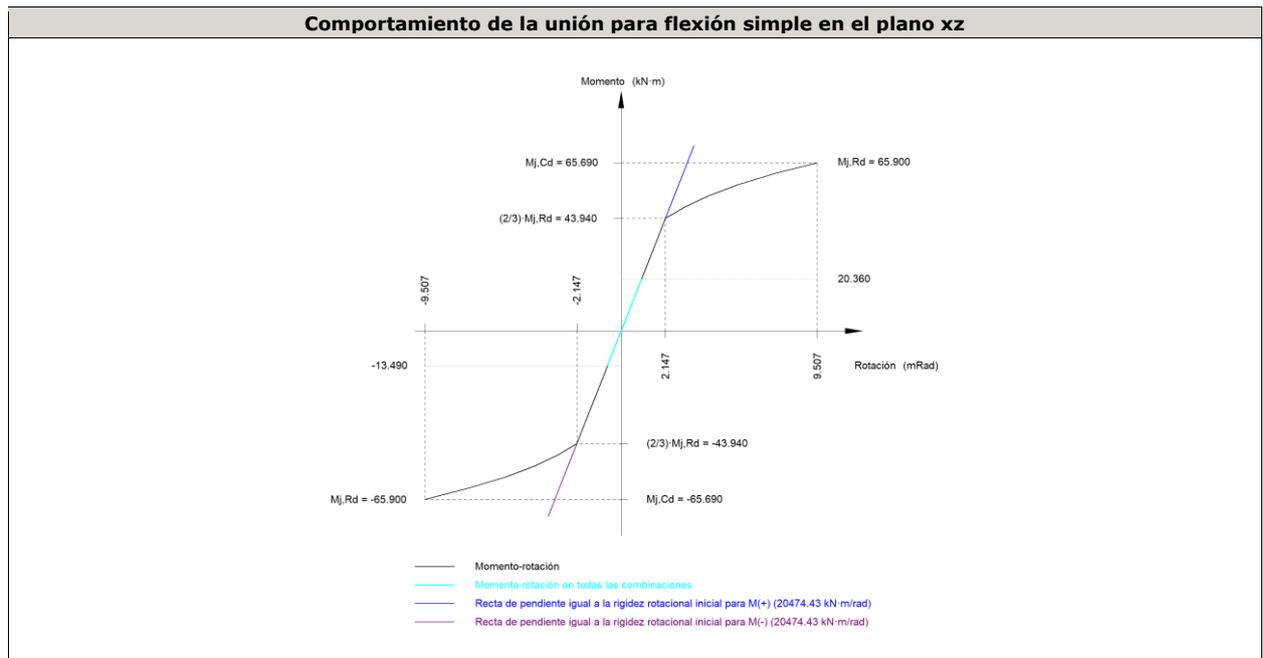
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 53                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 53                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 53                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 53                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 53                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 53                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |              |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|--------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción     |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 10.712      | 64.340          | 16.65      | Vástago      | 18.124      | 90.432          | 20.04      | 17.08                           | 20.04           |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
|             | Aplastamiento       | 10.712      | 183.680         | 5.83       | Punzonamiento | 18.124      | 219.639         | 8.25       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 10.712      | 64.340          | 16.65      | Vástago       | 18.124      | 90.432          | 20.04      | 17.08                           | 20.04           |
|             | Aplastamiento       | 10.712      | 183.680         | 5.83       | Punzonamiento | 18.124      | 219.639         | 8.25       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.152       | 64.340          | 8.01       | Vástago       | 18.072      | 90.432          | 19.98      | 21.64                           | 21.64           |
|             | Aplastamiento       | 5.152       | 183.680         | 2.80       | Punzonamiento | 18.072      | 219.639         | 8.23       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.152       | 64.340          | 8.01       | Vástago       | 18.072      | 90.432          | 19.98      | 21.64                           | 21.64           |
|             | Aplastamiento       | 5.152       | 183.680         | 2.80       | Punzonamiento | 18.072      | 219.639         | 8.23       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 7.911       | 64.340          | 12.30      | Vástago       | 27.855      | 90.432          | 30.80      | 29.37                           | 30.80           |
|             | Aplastamiento       | 7.911       | 183.680         | 4.31       | Punzonamiento | 27.855      | 219.639         | 12.68      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 7.911       | 64.340          | 12.30      | Vástago       | 27.855      | 90.432          | 30.80      | 29.37                           | 30.80           |
|             | Aplastamiento       | 7.911       | 183.680         | 4.31       | Punzonamiento | 27.855      | 219.639         | 12.68      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11096.33            | 20474.43            |
| Calculada para momentos negativos | 11096.33            | 20474.43            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78    | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.35   | 65.90      | 30.89      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 104.567 | 667        | 15.69      |

3) Viga (a) IPE 330

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 31.4                                | 31.4                                | 0.6                                  | 62.8                       | 16.26      | 31.4                                | 9.56       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 20.1                                | 20.1                                | 13.1                                 | 46.1                       | 11.95      | 20.1                                | 6.12       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 31.8                                | 31.8                                | 0.6                                  | 63.6                       | 16.49      | 31.8                                | 9.70       | 410.0                               | 0.85           |

4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 63.39  | 180.86     | 35.05      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 88.99  | 481.90     | 18.47      |
|                               | Tracción             | kN       | 16.79  | 240.95     | 6.97       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 29.81  | 149.26     | 19.97      |

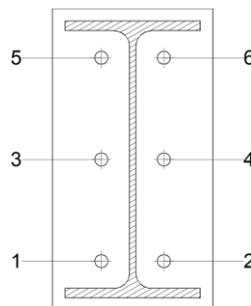
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 43.6                                | 43.6                                | 0.5                                  | 87.1                       | 22.58      | 43.6                                | 13.28      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 46.8                                | 46.8                                | 7.5                                  | 94.5                       | 24.49      | 46.8                                | 14.27      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 43.7                                | 43.7                                | 0.5                                  | 87.3                       | 22.63      | 43.7                                | 13.31      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

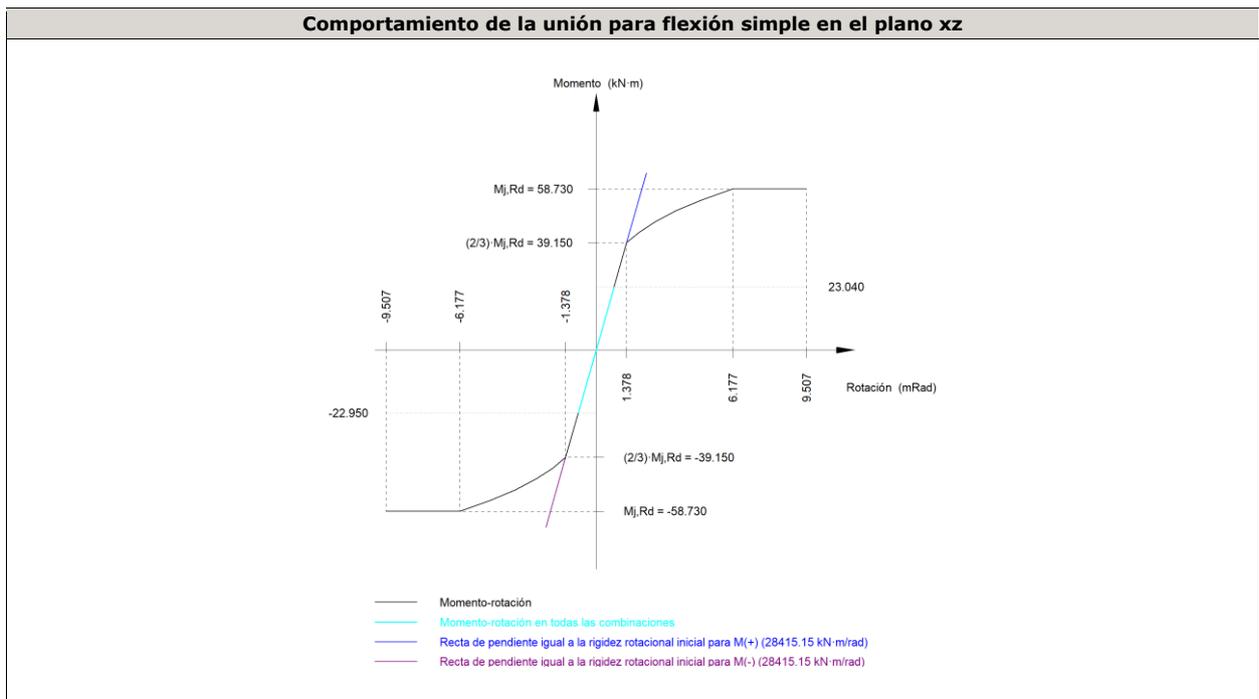


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 2.725       | 50.240          | 5.42       | Vástago       | 31.578      | 90.432          | 34.92      | 29.85                           | 34.92           |
|             | Aplastamiento       | 2.725       | 183.680         | 1.48       | Punzonamiento | 31.578      | 219.639         | 14.38      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 2.725       | 50.240          | 5.42       | Vástago       | 31.578      | 90.432          | 34.92      | 29.85                           | 34.92           |
|             | Aplastamiento       | 2.725       | 183.680         | 1.48       | Punzonamiento | 31.578      | 219.639         | 14.38      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 2.725       | 50.240          | 5.42       | Vástago       | 21.070      | 90.432          | 23.30      | 22.07                           | 23.30           |
|             | Aplastamiento       | 2.725       | 183.680         | 1.48       | Punzonamiento | 21.070      | 219.639         | 9.59       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 2.725       | 50.240          | 5.42       | Vástago       | 21.070      | 90.432          | 23.30      | 22.07                           | 23.30           |
|             | Aplastamiento       | 2.725       | 183.680         | 1.48       | Punzonamiento | 21.070      | 219.639         | 9.59       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 2.725       | 50.240          | 5.42       | Vástago       | 31.696      | 90.432          | 35.05      | 30.46                           | 35.05           |
|             | Aplastamiento       | 2.725       | 183.680         | 1.48       | Punzonamiento | 31.696      | 219.639         | 14.43      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 2.725       | 50.240          | 5.42       | Vástago       | 31.696      | 90.432          | 35.05      | 30.46                           | 35.05           |
|             | Aplastamiento       | 2.725       | 183.680         | 1.48       | Punzonamiento | 31.696      | 219.639         | 14.43      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11291.79            | 28415.15            |
| Calculada para momentos negativos | 11291.79            | 28415.15            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 23.04  | 58.73      | 39.23      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 85.288 | 667        | 12.79      |

d) Medición

| Soldaduras           |                        |           |                          |                           |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo | 4                        | 3666                      |
|                      |                        |           | 6                        | 3084                      |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|                      |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 152x85x12        | 2.43      |
|          |               | 2        | 152x155x12       | 4.44      |
|          | Chapas        | 1        | 155x306x8        | 2.98      |
|          |               | 2        | 190x360x14       | 15.03     |
|          |               | 1        | 180x360x14       | 7.12      |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

### 3.1.9.6.5 Cimentaciones

#### 1.1.- Elementos de cimentación aislados

##### 1.1.1.- Descripción

| Referencias            | Geometría  | Armado   |
|------------------------|--|--|
| (N7 - N10 - N11 - N12) | Zapata cuadrada<br>Ancho: 380.0 cm<br>Canto: 60.0 cm | Sup X: 19Ø12c/20<br>Sup Y: 19Ø12c/20<br>Inf X: 19Ø12c/20<br>Inf Y: 19Ø12c/20 |

##### 1.1.2.- Medición

| Referencia: (N7 - N10 - N11 - N12) | B 500 S, Ys=1.15 |         | Total  |
|------------------------------------|------------------|---------|--------|
| Nombre de armado                   | Ø12              |         |        |
| Parrilla inferior - Armado X       | Longitud (m)     | 19x3.93 | 74.67  |
|                                    | Peso (kg)        | 19x3.49 | 66.29  |
| Parrilla inferior - Armado Y       | Longitud (m)     | 19x3.93 | 74.67  |
|                                    | Peso (kg)        | 19x3.49 | 66.29  |
| Parrilla superior - Armado X       | Longitud (m)     | 19x3.93 | 74.67  |
|                                    | Peso (kg)        | 19x3.49 | 66.29  |
| Parrilla superior - Armado Y       | Longitud (m)     | 19x3.93 | 74.67  |
|                                    | Peso (kg)        | 19x3.49 | 66.29  |
| Totales                            | Longitud (m)     | 298.68  |        |
|                                    | Peso (kg)        | 265.16  | 265.16 |
| Total con mermas (10.00%)          | Longitud (m)     | 328.55  |        |
|                                    | Peso (kg)        | 291.68  | 291.68 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento                           | B 500 S, Ys=1.15 (kg) | Hormigón (m³) |          |
|------------------------------------|-----------------------|---------------|----------|
|                                    | Ø12                   | HA-25, Yc=1.5 | Limpieza |
| Referencia: (N7 - N10 - N11 - N12) | 291.68                | 8.66          | 1.44     |
| Totales                            | 340.08                | 10.23         | 1.84     |

**1.1.3.- Comprobación**

| Referencia: (N7 - N10 - N11 - N12)  |  |  |        |
|---|--|--|--------|
| Dimensiones: 380 x 380 x 60   |  |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |  |        |
| Comprobación  | Valores  |  | Estado |
| <b>Tensiones sobre el terreno:</b>  |  |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 3 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0.333 kp/cm <sup>2</sup>    |  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0.328 kp/cm <sup>2</sup> |  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0.72 kp/cm <sup>2</sup>  |  | Cumple |
| <b>Vuelco de la zapata:</b>   |  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 20.5 %  |  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 24.8 %  |  | Cumple |
| <b>Flexión en la zapata:</b>  |  |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: -9.78 t·m   |  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: -10.36 t·m  |  | Cumple |
| <b>Cortante en la zapata:</b>   |  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 10.13 t  |  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 10.53 t  |  | Cumple |
| <b>Compresión oblicua en la zapata:</b>   |  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 22.92 t/m <sup>2</sup>   |  | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |  |        |
| <b>Canto mínimo:</b>  |  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                      |  | Cumple |
| <b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>  |  |  |        |
| - N7:   | Mínimo: 49 cm<br>Calculado: 53 cm                                      |  | Cumple |
| - N10:  | Calculado: 53 cm   |  | Cumple |
| - N11:  | Calculado: 53 cm   |  | Cumple |
| - N12:  | Calculado: 53 cm   |  | Cumple |
| <b>Cuantía geométrica mínima:</b>   |  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                    |  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  |  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  |  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  |  | Cumple |
| <b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>  |  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |  |        |
|   | Calculado: 0.001   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0003   |  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003   |  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0004   |  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0004   |  | Cumple |

| Referencia: (N7 - N10 - N11 - N12)<br>Dimensiones: 380 x 380 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20   |   |  |
|---|---|--|
| Comprobación  | Valores   | Estado   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | <br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm   | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm   | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 59 cm<br>Calculado: 59 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 59 cm<br>Calculado: 59 cm<br>Calculado: 59 cm<br>Calculado: 59 cm<br>Calculado: 59 cm | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 12 cm<br>Calculado: 15 cm | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |  |

### 3.1.10 Resultados completos del pabellón

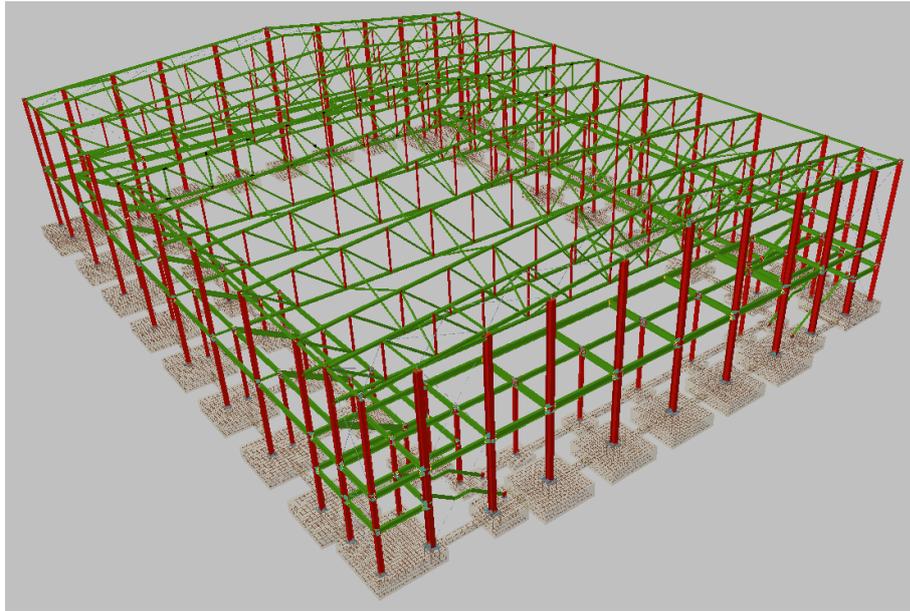


Figura 93 Estructura del pabellón.

A continuación, se adjuntan todos los cálculos de cada elemento estructural del pabellón polideportivo proporcionado en forma de tabla por “CYPE 3D”, en el que se mostrarán las comprobaciones a resistencia de las barras y las flechas (no se pudo incluir los E.L.U. resumidos proporcionados por CYPE dado que el ordenador se congelaba y daba error).

#### 3.1.10.1 Resistencia

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100\%$ .

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N1/N359  | 17.07         | 0.000           | -183.834                      | -8.078     | -0.018     | 0.00         | -0.18        | -15.49       | GV     | Cumple |
| N359/N360  | 9.51          | 2.250           | -120.355                      | 1.633      | 8.696      | 0.03         | -13.47       | -1.43        | GV     | Cumple |
| N360/N2  | 21.28         | 0.000           | -76.512                       | -10.240    | -12.687    | 0.04         | -17.70       | -16.05       | GV     | Cumple |
| N3/N348  | 17.11         | 0.000           | -184.361                      | -8.107     | -0.007     | 0.00         | 0.14         | -15.54       | GV     | Cumple |
| N348/N358  | 9.51          | 2.250           | -120.616                      | 1.622      | -8.690     | -0.03        | 13.47        | -1.42        | GV     | Cumple |
| N358/N4  | 21.30         | 0.000           | -76.692                       | -10.243    | 12.686     | -0.04        | 17.69        | -16.07       | GV     | Cumple |
| N2/N307  | 23.14         | 3.014           | -4.664                        | 0.549      | 4.056      | -0.06        | -4.46        | -2.53        | GV     | Cumple |
| N307/N490  | 59.32         | 3.014           | 39.869                        | -3.540     | -1.673     | -0.06        | 6.57         | 6.99         | GV     | Cumple |
| N490/N308  | 59.43         | 0.000           | 40.875                        | 8.662      | 8.892      | -0.06        | 6.57         | 6.99         | GV     | Cumple |
| N308/N309  | 51.05         | 4.018           | 47.981                        | 0.638      | 3.929      | -0.06        | -8.24        | -5.25        | GV     | Cumple |
| N309/N489  | 93.31         | 1.005           | 58.554                        | -16.196    | -19.131    | -0.06        | 11.66        | 10.80        | GV     | Cumple |
| N489/N310  | 93.56         | 0.000           | 60.712                        | 5.372      | 3.531      | -0.06        | 11.66        | 10.80        | GV     | Cumple |
| N310/N488  | 84.57         | 0.000           | 80.798                        | -7.990     | -13.707    | -0.06        | -13.24       | -8.76        | GV     | Cumple |
| N488/N5  | 77.81         | 0.000           | 82.456                        | 3.088      | 3.762      | -0.06        | 11.59        | 8.04         | GV     | Cumple |
| N4/N314  | 23.15         | 3.014           | -4.666                        | -0.549     | 4.055      | 0.06         | -4.46        | 2.53         | GV     | Cumple |
| N314/N485  | 59.36         | 3.014           | 39.859                        | 3.542      | -1.675     | 0.06         | 6.57         | -7.00        | GV     | Cumple |
| N485/N313  | 59.47         | 0.000           | 40.866                        | -8.669     | 8.899      | 0.06         | 6.57         | -7.00        | GV     | Cumple |
| N313/N312  | 51.07         | 4.018           | 47.969                        | -0.638     | 3.929      | 0.06         | -8.24        | 5.26         | GV     | Cumple |
| N312/N486  | 93.35         | 1.005           | 58.551                        | 16.201     | -19.137    | 0.06         | 11.66        | -10.81       | GV     | Cumple |
| N486/N311  | 93.60         | 0.000           | 60.710                        | -5.373     | 3.533      | 0.06         | 11.66        | -10.81       | GV     | Cumple |
| N311/N487  | 84.59         | 0.000           | 80.796                        | 7.992      | -13.709    | 0.06         | -13.24       | 8.77         | GV     | Cumple |
| N487/N5  | 77.82         | 0.000           | 82.454                        | -3.088     | 3.763      | 0.06         | 11.59        | -8.05        | GV     | Cumple |
| N6/N361  | 18.44         | 0.000           | 180.794                       | -9.028     | -3.513     | 0.00         | -5.68        | -16.17       | GV     | Cumple |
| N361/N363  | 18.46         | 2.250           | 177.437                       | -10.146    | 1.197      | 0.02         | 15.73        | 11.65        | GV     | Cumple |
| N363/N344  | 24.53         | 3.690           | -66.441                       | -0.077     | -29.297    | 0.00         | 62.82        | -0.17        | GV     | Cumple |
| N344/N7  | 23.56         | 0.000           | 124.254                       | -1.475     | -34.960    | 0.00         | -56.55       | -2.95        | GV     | Cumple |
| N8/N347  | 18.47         | 0.000           | 181.019                       | -9.051     | 3.502      | 0.00         | 5.66         | -16.21       | GV     | Cumple |
| N347/N357  | 18.48         | 2.250           | 177.608                       | -10.172    | -1.196     | -0.02        | -15.73       | 11.68        | GV     | Cumple |
| N357/N343  | 24.53         | 3.690           | -66.444                       | -0.076     | 29.296     | 0.00         | -62.82       | -0.17        | GV     | Cumple |
| N343/N9  | 23.56         | 0.000           | 124.253                       | -1.479     | 34.953     | 0.00         | 56.53        | -2.96        | GV     | Cumple |
| N7/N12   | 18.41         | 3.014           | -127.878                      | 1.284      | 10.343     | 0.00         | -4.65        | -3.87        | GV     | Cumple |
| N12/N14  | 26.03         | 3.014           | -198.296                      | -3.316     | 8.331      | 0.00         | -3.24        | 6.12         | GV     | Cumple |
| N14/N317   | 27.24         | 0.000           | -237.407                      | 8.748      | -8.849     | 0.00         | -3.24        | 6.12         | GV     | Cumple |
| N317/N16   | 23.93         | 2.009           | -228.043                      | 0.191      | 9.149      | 0.00         | -3.89        | -3.03        | GV     | Cumple |
| N16/N318   | 24.81         | 0.000           | -240.221                      | 0.191      | -9.086     | 0.00         | -3.89        | -3.03        | GV     | Cumple |
| N318/N18   | 29.42         | 1.005           | -229.290                      | -11.928    | 8.913      | 0.00         | -3.44        | 8.51         | GV     | Cumple |
| N18/N20  | 31.85         | 0.000           | -234.856                      | 4.144      | -8.711     | 0.00         | -3.43        | 8.31         | GV     | Cumple |
| N20/N319   | 28.14         | 1.005           | 264.718                       | -2.511     | 2.999      | 0.00         | -2.18        | 6.19         | GV     | Cumple |
| N319/N22   | 30.47         | 0.000           | 297.006                       | 4.815      | 3.238      | 0.00         | -2.18        | 6.19         | GV     | Cumple |
| N22/N10  | 28.74         | 0.000           | -200.949                      | 2.669      | -8.904     | 0.00         | -3.72        | 8.04         | GV     | Cumple |
| N11/N12  | 24.99         | 2.286           | 108.243                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N13/N12  | 30.47         | 1.886           | -127.975                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N13/N14  | 20.31         | 0.000           | -64.319                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N15/N14  | 25.03         | 1.976           | -91.132                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N15/N16  | 15.59         | 2.857           | 60.988                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N17/N16  | 16.36         | 2.071           | -55.439                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N17/N18  | 16.44         | 0.000           | -37.353                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N19/N18  | 11.67         | 2.172           | -36.461                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N19/N20  | 8.87          | 0.000           | -18.428                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N21/N20  | 20.47         | 2.278           | -27.144                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N21/N22  | 12.12         | 0.000           | -32.157                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N23/N22  | 33.15         | 2.387           | -42.372                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N23/N10  | 16.20         | 0.000           | -39.055                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N24/N25  | 24.99         | 2.286           | 108.242                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N26/N25  | 30.47         | 1.886           | -127.972                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N26/N27  | 20.31         | 0.000           | -64.326                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N28/N27  | 25.03         | 1.976           | -91.123           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N28/N29  | 15.59         | 2.857           | 60.982            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N30/N29  | 16.36         | 2.071           | -55.432           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N30/N31  | 16.44         | 0.000           | -37.357           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N32/N31  | 11.67         | 2.172           | -36.461           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N32/N33  | 8.87          | 0.000           | -18.429           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N34/N33  | 20.47         | 2.278           | -27.146           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N34/N35  | 12.13         | 0.000           | -32.160           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N23/N35  | 33.15         | 2.387           | -42.370           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N36/N362   | 21.19         | 0.000           | -181.089          | -0.741     | 22.878     | 0.01         | 42.99        | -1.34        | GV     | Cumple |
| N362/N364  | 27.17         | 2.250           | -150.833          | -1.090     | 34.282     | 0.01         | -66.25       | 2.12         | GV     | Cumple |
| N364/N327  | 44.74         | 3.690           | -112.870          | -0.207     | -57.324    | 0.00         | 115.82       | -0.45        | GV     | Cumple |
| N327/N37   | 40.68         | 0.000           | 191.726           | -1.547     | -62.215    | 0.00         | -104.37      | -3.09        | GV     | Cumple |
| N38/N346   | 21.18         | 0.000           | -180.977          | -0.731     | -22.886    | -0.01        | -43.01       | -1.32        | GV     | Cumple |
| N346/N356  | 27.18         | 2.250           | -151.015          | -1.088     | -34.304    | -0.01        | 66.27        | 2.12         | GV     | Cumple |
| N356/N342  | 44.74         | 3.690           | -112.865          | -0.206     | 57.327     | 0.00         | -115.82      | -0.45        | GV     | Cumple |
| N342/N39   | 40.69         | 0.000           | 191.710           | -1.551     | 62.216     | 0.00         | 104.37       | -3.10        | GV     | Cumple |
| N37/N42  | 23.68         | 3.014           | 207.150           | -0.094     | -17.288    | 0.00         | 7.81         | 0.28         | GV     | Cumple |
| N42/N44  | 35.20         | 0.000           | 366.380           | -0.094     | 15.514     | 0.00         | 7.81         | 0.28         | GV     | Cumple |
| N44/N46  | 40.36         | 3.014           | 463.467           | 0.387      | -14.836    | 0.00         | 5.77         | -0.60        | GV     | Cumple |
| N46/N48  | 44.99         | 3.014           | 516.443           | 0.387      | -14.555    | 0.00         | 5.34         | -1.77        | GV     | Cumple |
| N48/N50  | 46.41         | 0.000           | 536.094           | -0.293     | 14.492     | 0.00         | 5.34         | -1.77        | GV     | Cumple |
| N50/N52  | 45.73         | 0.000           | 530.637           | -0.293     | 15.154     | 0.00         | 5.96         | -0.88        | GV     | Cumple |
| N52/N40  | 46.51         | 3.014           | 507.791           | 0.000      | -16.198    | 0.00         | 9.10         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N41/N42  | 38.29         | 2.286           | 165.833           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N43/N42  | 46.14         | 1.886           | -195.369          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N43/N44  | 31.30         | 0.000           | -99.130           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N45/N44  | 33.44         | 1.976           | -122.742          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N45/N46  | 23.51         | 0.000           | -58.211           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N47/N46  | 20.00         | 2.071           | -68.420           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N47/N48  | 22.20         | 0.000           | -50.444           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N49/N48  | 9.19          | 2.172           | -28.114           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N49/N50  | 12.54         | 0.000           | -26.033           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N51/N50  | 29.75         | 2.278           | -40.819           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N51/N52  | 16.60         | 0.000           | -44.022           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N53/N52  | 51.19         | 2.387           | -67.028           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N53/N40  | 26.79         | 0.000           | -64.570           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N54/N55  | 38.28         | 2.286           | 165.820           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N56/N55  | 46.14         | 1.886           | -195.350          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N56/N57  | 31.30         | 0.000           | -99.144           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N58/N57  | 33.45         | 1.976           | -122.753          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N58/N59  | 23.51         | 0.000           | -58.213           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N60/N59  | 20.00         | 2.071           | -68.430           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N60/N61  | 22.20         | 0.000           | -50.449           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N62/N61  | 9.19          | 2.172           | -28.101           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N62/N63  | 12.54         | 0.000           | -26.037           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N64/N63  | 29.74         | 2.278           | -40.813           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N64/N65  | 16.60         | 0.000           | -44.029           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N53/N65  | 51.19         | 2.387           | -67.023           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N66/N365   | 26.34         | 5.310           | -182.425          | -0.099     | 6.757      | -0.01        | -63.20       | 0.18         | GV     | Cumple |
| N365/N328  | 63.47         | 3.690           | -140.713          | -0.032     | -70.652    | 0.00         | 168.77       | -0.04        | GV     | Cumple |
| N328/N67   | 56.84         | 0.000           | -140.115          | -0.022     | 86.511     | 0.00         | 168.77       | -0.04        | GV     | Cumple |
| N68/N355   | 26.34         | 5.310           | -182.470          | -0.098     | -6.770     | 0.01         | 63.23        | 0.18         | GV     | Cumple |
| N355/N341  | 63.47         | 3.690           | -140.715          | -0.032     | 70.661     | 0.00         | -168.77      | -0.04        | GV     | Cumple |
| N341/N69   | 56.84         | 0.000           | -140.117          | -0.021     | -86.511    | 0.00         | -168.77      | -0.04        | GV     | Cumple |
| N67/N72  | 30.90         | 3.014           | 270.740           | 0.012      | -23.241    | 0.00         | 10.50        | -0.04        | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N72/N74  | 45.70         | 0.000           | 475.333           | 0.012      | 20.787     | 0.00         | 10.50        | -0.04        | GV     | Cumple |
| N74/N76  | 52.72         | 3.014           | 605.556           | 0.182      | -19.854    | 0.00         | 7.69         | -0.62        | GV     | Cumple |
| N76/N78  | 58.06         | 3.014           | 676.105           | 0.182      | -19.647    | 0.00         | 7.35         | -1.17        | GV     | Cumple |
| N78/N80  | 60.14         | 3.014           | 704.518           | -0.194     | -19.959    | 0.00         | 7.96         | -0.59        | GV     | Cumple |
| N80/N82  | 59.63         | 0.000           | 697.445           | -0.194     | 20.310     | 0.00         | 7.96         | -0.59        | GV     | Cumple |
| N82/N70  | 61.35         | 3.014           | 668.038           | 0.000      | -21.692    | 0.00         | 12.12        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N71/N72  | 51.04         | 0.000           | -171.939          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N73/N72  | 59.05         | 1.886           | -250.875          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N73/N74  | 38.99         | 0.000           | -123.489          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N75/N74  | 44.62         | 1.976           | -164.738          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N75/N76  | 30.11         | 0.000           | -74.562           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N77/N76  | 26.38         | 2.071           | -91.170           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N77/N78  | 28.42         | 0.000           | -64.577           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N79/N78  | 12.43         | 2.172           | -39.023           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N79/N80  | 20.66         | 0.000           | -42.899           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N81/N80  | 41.86         | 2.278           | -58.662           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N81/N82  | 18.97         | 0.000           | -50.315           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N83/N82  | 76.71         | 2.387           | -101.896          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N83/N70  | 34.86         | 0.000           | -84.017           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N84/N85  | 51.04         | 0.000           | -171.943          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N86/N85  | 59.05         | 1.886           | -250.889          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N86/N87  | 38.99         | 0.000           | -123.499          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N88/N87  | 44.62         | 1.976           | -164.733          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N88/N89  | 30.11         | 0.000           | -74.560           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N90/N89  | 26.38         | 2.071           | -91.166           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N90/N91  | 28.42         | 0.000           | -64.577           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N92/N91  | 12.43         | 2.172           | -39.035           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N92/N93  | 20.66         | 0.000           | -42.897           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N94/N93  | 41.86         | 2.278           | -58.669           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N94/N95  | 18.97         | 0.000           | -50.311           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N83/N95  | 76.71         | 2.387           | -101.900          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N96/N366   | 25.91         | 5.310           | -180.946          | -0.128     | 6.284      | 0.00         | -61.87       | 0.29         | GV     | Cumple |
| N366/N329  | 62.71         | 3.690           | -139.372          | -0.074     | -69.675    | 0.00         | 166.44       | -0.15        | GV     | Cumple |
| N329/N97   | 56.15         | 0.000           | -138.775          | -0.076     | 85.347     | 0.00         | 166.44       | -0.15        | GV     | Cumple |
| N98/N354   | 25.90         | 5.310           | -180.987          | -0.128     | -6.277     | 0.00         | 61.84        | 0.29         | GV     | Cumple |
| N354/N340  | 62.70         | 3.690           | -139.368          | -0.074     | 69.664     | 0.00         | -166.42      | -0.15        | GV     | Cumple |
| N340/N99   | 56.14         | 0.000           | -138.771          | -0.076     | -85.333    | 0.00         | -166.42      | -0.15        | GV     | Cumple |
| N97/N102   | 31.60         | 3.014           | 280.181           | -0.032     | -23.226    | 0.00         | 10.45        | 0.09         | GV     | Cumple |
| N102/N104  | 47.03         | 0.000           | 493.456           | -0.032     | 20.822     | 0.00         | 10.45        | 0.09         | GV     | Cumple |
| N104/N106  | 54.29         | 3.014           | 625.872           | 0.315      | -19.887    | 0.00         | 7.64         | -0.76        | GV     | Cumple |
| N106/N108  | 60.11         | 3.014           | 698.114           | 0.315      | -19.626    | 0.00         | 7.24         | -1.71        | GV     | Cumple |
| N108/N110  | 62.08         | 0.000           | 725.372           | -0.283     | 19.532     | 0.00         | 7.24         | -1.71        | GV     | Cumple |
| N110/N112  | 61.37         | 0.000           | 718.141           | -0.283     | 20.339     | 0.00         | 7.92         | -0.86        | GV     | Cumple |
| N112/N100  | 62.85         | 3.014           | 687.341           | 0.000      | -21.769    | 0.00         | 12.23        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N101/N102  | 51.34         | 2.286           | 222.375           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N103/N102  | 61.57         | 1.886           | -261.729          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N103/N104  | 37.28         | 0.000           | -118.073          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N105/N104  | 45.39         | 1.976           | -167.630          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N105/N106  | 29.86         | 0.000           | -73.946           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N107/N106  | 27.03         | 2.071           | -93.495           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N107/N108  | 26.64         | 0.000           | -60.533           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N109/N108  | 12.49         | 2.172           | -39.242           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N109/N110  | 18.21         | 0.000           | -37.813           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N111/N110  | 40.32         | 2.278           | -56.396           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N111/N112  | 18.22         | 0.000           | -48.322           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N113/N112  | 70.28         | 2.387           | -93.109           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N113/N100  | 36.31         | 0.000           | -87.523           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N114/N115  | 51.34         | 2.286           | 222.368           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N116/N115  | 61.57         | 1.886           | -261.718          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N116/N117  | 37.28         | 0.000           | -118.084          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N118/N117  | 45.39         | 1.976           | -167.639          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N118/N119  | 29.86         | 0.000           | -73.946           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N120/N119  | 27.03         | 2.071           | -93.503           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N120/N121  | 26.64         | 0.000           | -60.535           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N122/N121  | 12.49         | 2.172           | -39.234           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N122/N123  | 18.21         | 0.000           | -37.815           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N124/N123  | 40.32         | 2.278           | -56.392           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N124/N125  | 18.22         | 0.000           | -48.326           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N113/N125  | 70.27         | 2.387           | -93.106           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N126/N367  | 26.16         | 5.310           | -182.311          | -0.112     | 6.421      | 0.00         | -62.58       | 0.24         | GV     | Cumple |
| N367/N330  | 63.60         | 3.690           | -140.732          | -0.057     | -70.606    | 0.00         | 169.01       | -0.11        | GV     | Cumple |
| N330/N127  | 56.96         | 0.000           | -140.135          | -0.055     | 86.633     | 0.00         | 169.01       | -0.11        | GV     | Cumple |
| N128/N353  | 26.16         | 5.310           | -182.358          | -0.111     | -6.420     | 0.00         | 62.57        | 0.24         | GV     | Cumple |
| N353/N339  | 63.60         | 3.690           | -140.734          | -0.056     | 70.600     | 0.00         | -168.99      | -0.11        | GV     | Cumple |
| N339/N129  | 56.95         | 0.000           | -140.137          | -0.055     | -86.622    | 0.00         | -168.99      | -0.11        | GV     | Cumple |
| N127/N132  | 31.03         | 3.014           | 270.701           | 0.044      | -23.248    | 0.00         | 10.52        | -0.13        | GV     | Cumple |
| N132/N134  | 45.83         | 0.000           | 475.316           | 0.044      | 20.792     | 0.00         | 10.52        | -0.13        | GV     | Cumple |
| N134/N136  | 52.90         | 3.014           | 605.283           | 0.171      | -19.858    | 0.00         | 7.70         | -0.78        | GV     | Cumple |
| N136/N138  | 58.17         | 3.014           | 675.620           | 0.171      | -19.646    | 0.00         | 7.36         | -1.30        | GV     | Cumple |
| N138/N140  | 60.18         | 0.000           | 703.416           | -0.215     | 19.557     | 0.00         | 7.36         | -1.30        | GV     | Cumple |
| N140/N142  | 59.65         | 0.000           | 696.720           | -0.215     | 20.307     | 0.00         | 7.97         | -0.65        | GV     | Cumple |
| N142/N130  | 61.28         | 3.014           | 667.351           | 0.000      | -21.681    | 0.00         | 12.11        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N131/N132  | 51.02         | 0.000           | -171.884          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N133/N132  | 59.05         | 1.886           | -250.902          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N133/N134  | 38.97         | 0.000           | -123.441          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N135/N134  | 44.53         | 1.976           | -164.406          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N135/N136  | 30.09         | 0.000           | -74.521           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N137/N136  | 26.30         | 2.071           | -90.879           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N137/N138  | 28.39         | 0.000           | -64.510           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N139/N138  | 12.45         | 2.172           | -39.102           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N139/N140  | 20.63         | 0.000           | -42.838           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N141/N140  | 41.93         | 2.278           | -58.771           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N141/N142  | 18.92         | 0.000           | -50.186           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N143/N142  | 76.65         | 2.387           | -101.825          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N143/N130  | 34.81         | 0.000           | -83.907           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N144/N145  | 51.02         | 0.000           | -171.890          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N146/N145  | 59.06         | 1.886           | -250.916          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N146/N147  | 38.98         | 0.000           | -123.452          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N148/N147  | 44.53         | 1.976           | -164.400          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N148/N149  | 30.09         | 0.000           | -74.519           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N150/N149  | 26.30         | 2.071           | -90.873           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N150/N151  | 28.39         | 0.000           | -64.509           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N152/N151  | 12.45         | 2.172           | -39.112           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N152/N153  | 20.63         | 0.000           | -42.835           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N154/N153  | 41.93         | 2.278           | -58.776           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N154/N155  | 18.92         | 0.000           | -50.182           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N143/N155  | 76.66         | 2.387           | -101.828          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N161/N162  | 51.27         | 2.286           | 222.068           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N163/N162  | 61.46         | 1.886           | -261.257          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N163/N164  | 37.31         | 0.000           | -118.172          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N165/N164  | 45.38         | 1.976           | -167.602          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N165/N166  | 29.78         | 0.000           | -73.755           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N167/N166  | 27.02         | 2.071           | -93.474                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N167/N168  | 26.54         | 0.000           | -60.301                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N169/N170  | 18.10         | 0.000           | -37.597                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N171/N170  | 40.29         | 2.278           | -56.346                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N171/N172  | 18.17         | 0.000           | -48.196                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N173/N172  | 70.26         | 2.387           | -93.086                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N173/N160  | 36.52         | 0.000           | -88.013                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N174/N175  | 51.27         | 2.286           | 222.060                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N176/N175  | 61.46         | 1.886           | -261.246                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N176/N177  | 37.31         | 0.000           | -118.183                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N178/N177  | 45.38         | 1.976           | -167.613                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N178/N179  | 29.78         | 0.000           | -73.756                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N180/N179  | 27.03         | 2.071           | -93.484                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N180/N181  | 26.54         | 0.000           | -60.304                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N182/N183  | 18.11         | 0.000           | -37.599                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N184/N183  | 40.28         | 2.278           | -56.342                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N184/N185  | 18.17         | 0.000           | -48.200                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N173/N185  | 70.26         | 2.387           | -93.083                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N186/N369  | 27.19         | 0.000           | 247.660                       | -3.376     | -22.127    | 0.00         | -39.58       | -10.15       | GV     | Cumple |
| N369/N332  | 63.64         | 3.690           | -140.715                      | -0.066     | -70.596    | 0.00         | 169.03       | -0.15        | GV     | Cumple |
| N332/N187  | 56.99         | 0.000           | -140.117                      | -0.075     | 86.639     | 0.00         | 169.03       | -0.15        | GV     | Cumple |
| N188/N351  | 27.20         | 0.000           | 247.666                       | -3.384     | 22.116     | 0.00         | 39.54        | -10.18       | GV     | Cumple |
| N351/N337  | 63.63         | 3.690           | -140.717                      | -0.066     | 70.588     | 0.00         | -169.00      | -0.15        | GV     | Cumple |
| N337/N189  | 56.98         | 0.000           | -140.120                      | -0.075     | -86.626    | 0.00         | -169.00      | -0.15        | GV     | Cumple |
| N187/N192  | 31.98         | 3.014           | 278.072                       | 0.075      | -23.842    | 0.00         | 10.81        | -0.23        | GV     | Cumple |
| N192/N194  | 47.18         | 0.000           | 488.268                       | 0.075      | 21.321     | 0.00         | 10.81        | -0.23        | GV     | Cumple |
| N194/N196  | 54.49         | 3.014           | 621.449                       | 0.168      | -20.360    | 0.00         | 7.92         | -0.96        | GV     | Cumple |
| N196/N198  | 59.86         | 3.014           | 693.469                       | 0.168      | -20.137    | 0.00         | 7.56         | -1.47        | GV     | Cumple |
| N198/N200  | 61.91         | 0.000           | 721.846                       | -0.244     | 20.050     | 0.00         | 7.56         | -1.47        | GV     | Cumple |
| N200/N202  | 61.28         | 0.000           | 714.840                       | -0.244     | 20.812     | 0.00         | 8.18         | -0.73        | GV     | Cumple |
| N202/N190  | 62.85         | 3.014           | 684.674                       | 0.000      | -22.215    | 0.00         | 12.41        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N191/N192  | 51.03         | 0.000           | -171.909                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N193/N192  | 60.65         | 1.886           | -257.754                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N193/N194  | 38.98         | 0.000           | -123.464                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N195/N194  | 45.62         | 1.976           | -168.502                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N195/N196  | 30.07         | 0.000           | -74.457                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N197/N196  | 26.91         | 2.071           | -93.061                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N197/N198  | 28.40         | 0.000           | -64.522                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N199/N198  | 12.39         | 2.172           | -38.893                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N199/N200  | 20.63         | 0.000           | -42.837                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N201/N200  | 41.92         | 2.278           | -58.757                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N201/N202  | 18.99         | 0.000           | -50.374                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N203/N202  | 76.72         | 2.387           | -101.910                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N203/N190  | 35.74         | 0.000           | -86.130                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N204/N205  | 51.03         | 0.000           | -171.915                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N206/N205  | 60.65         | 1.886           | -257.768                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N206/N207  | 38.98         | 0.000           | -123.476                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N208/N207  | 45.62         | 1.976           | -168.494                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N208/N209  | 30.06         | 0.000           | -74.455                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N210/N209  | 26.91         | 2.071           | -93.054                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N210/N211  | 28.39         | 0.000           | -64.521                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N212/N211  | 12.39         | 2.172           | -38.902                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N212/N213  | 20.63         | 0.000           | -42.834                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N214/N213  | 41.93         | 2.278           | -58.762                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N214/N215  | 18.99         | 0.000           | -50.370                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N203/N215  | 76.72         | 2.387           | -101.914                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N216/N370  | 28.25         | 0.000           | 279.065                       | -3.470     | -22.594    | 0.00         | -39.16       | -10.36       | GV     | Cumple |
| N370/N333  | 62.71         | 3.690           | -139.395                      | -0.123     | -69.734    | 0.00         | 166.26       | -0.24        | GV     | Cumple |
| N333/N217  | 60.52         | 0.000           | 287.868                       | -1.234     | -97.969    | 0.00         | -159.50      | -2.47        | GV     | Cumple |
| N218/N350  | 28.25         | 0.000           | 279.051                       | -3.479     | 22.581     | 0.00         | 39.12        | -10.38       | GV     | Cumple |
| N350/N336  | 62.71         | 3.690           | -139.391                      | -0.123     | 69.733     | 0.00         | -166.25      | -0.24        | GV     | Cumple |
| N336/N219  | 60.53         | 0.000           | 287.858                       | -1.238     | 97.977     | 0.00         | 159.52       | -2.47        | GV     | Cumple |
| N217/N222  | 35.14         | 3.014           | 311.390                       | 0.045      | -25.717    | 0.00         | 11.60        | -0.14        | GV     | Cumple |
| N222/N224  | 52.28         | 0.000           | 548.448                       | 0.045      | 23.046     | 0.00         | 11.60        | -0.14        | GV     | Cumple |
| N224/N226  | 60.84         | 3.014           | 696.224                       | 0.341      | -22.003    | 0.00         | 8.46         | -1.30        | GV     | Cumple |
| N226/N228  | 67.32         | 3.014           | 777.027                       | 0.341      | -21.722    | 0.00         | 8.02         | -2.33        | GV     | Cumple |
| N228/N230  | 69.54         | 0.000           | 807.723                       | -0.386     | 21.620     | 0.00         | 8.02         | -2.33        | GV     | Cumple |
| N230/N232  | 68.53         | 0.000           | 799.942                       | -0.386     | 22.512     | 0.00         | 8.77         | -1.16        | GV     | Cumple |
| N232/N220  | 69.92         | 3.014           | 765.486                       | 0.000      | -24.097    | 0.00         | 13.54        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N221/N222  | 57.03         | 2.286           | 247.020                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N223/N222  | 68.36         | 1.886           | -290.930                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N223/N224  | 41.32         | 2.571           | 178.988                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N225/N224  | 50.61         | 1.976           | -187.255                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N225/N226  | 31.52         | 2.857           | 123.310                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N227/N226  | 30.17         | 2.071           | -104.707                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N227/N228  | 26.69         | 0.000           | -60.653                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N229/N228  | 12.62         | 2.172           | -39.666                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N229/N230  | 18.21         | 0.000           | -37.817                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N231/N230  | 40.33         | 2.278           | -56.414                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N231/N232  | 18.23         | 0.000           | -48.349                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N233/N232  | 70.14         | 2.387           | -92.919                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N233/N220  | 40.54         | 0.000           | -97.706                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N234/N235  | 57.03         | 2.286           | 247.012                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N236/N235  | 68.36         | 1.886           | -290.917                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N236/N237  | 41.33         | 2.571           | 179.010                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N238/N237  | 50.61         | 1.976           | -187.268                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N238/N239  | 31.52         | 2.857           | 123.319                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N240/N239  | 30.18         | 2.071           | -104.718                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N240/N241  | 26.69         | 0.000           | -60.655                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N242/N241  | 12.62         | 2.172           | -39.661                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N242/N243  | 18.21         | 0.000           | -37.819                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N244/N243  | 40.33         | 2.278           | -56.412                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N244/N245  | 18.23         | 0.000           | -48.353                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N233/N245  | 70.13         | 2.387           | -92.917                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N246/N371  | 18.30         | 0.000           | 119.337                       | -3.551     | -14.585    | -0.01        | -23.86       | -10.55       | GV     | Cumple |
| N371/N334  | 44.35         | 3.690           | 155.162                       | -1.498     | 71.356     | 0.00         | -121.58      | -2.45        | GV     | Cumple |
| N334/N247  | 44.36         | 0.000           | 155.376                       | -1.224     | -77.414    | 0.00         | -121.58      | -2.45        | GV     | Cumple |
| N248/N349  | 18.30         | 0.000           | 118.766                       | -3.560     | 14.574     | 0.01         | 23.84        | -10.58       | GV     | Cumple |
| N349/N335  | 44.35         | 3.690           | 154.956                       | -1.503     | -71.356    | 0.00         | 121.58       | -2.46        | GV     | Cumple |
| N335/N249  | 44.36         | 0.000           | 155.170                       | -1.229     | 77.414     | 0.00         | 121.58       | -2.46        | GV     | Cumple |
| N247/N252  | 30.00         | 3.014           | 243.320                       | 0.194      | -23.744    | 0.00         | 10.96        | -0.58        | GV     | Cumple |
| N252/N254  | 43.68         | 0.000           | 432.450                       | -0.023     | 21.284     | 0.00         | 10.96        | -0.58        | GV     | Cumple |
| N254/N321  | 47.50         | 0.000           | 538.929                       | 0.154      | 19.116     | 0.00         | 7.41         | -0.52        | GV     | Cumple |
| N321/N256  | 49.71         | 2.009           | 556.017                       | 0.376      | -18.858    | 0.00         | 7.41         | -1.43        | GV     | Cumple |
| N256/N322  | 53.54         | 0.000           | 609.000                       | 0.376      | 18.864     | 0.00         | 7.41         | -1.43        | GV     | Cumple |
| N322/N258  | 55.47         | 1.005           | 625.804                       | -4.386     | -18.707    | 0.00         | 7.30         | 2.19         | GV     | Cumple |
| N258/N260  | 58.13         | 3.014           | 646.719                       | 1.687      | -19.030    | 0.00         | 7.67         | -2.89        | GV     | Cumple |
| N260/N323  | 57.29         | 0.000           | 635.115                       | 1.687      | 19.222     | 0.00         | 7.67         | -2.89        | GV     | Cumple |
| N323/N262  | 59.28         | 0.402           | 662.466                       | -2.622     | 1.816      | 0.00         | -7.05        | -3.53        | GV     | Cumple |
| N262/N250  | 58.23         | 3.014           | 633.062                       | 0.226      | -20.677    | 0.00         | 11.58        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N251/N252  | 44.08         | 2.286           | 190.928                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N253/N252  | 50.59         | 1.886           | -214.516                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p <sup>ésimos</sup> |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N253/N254  | 31.16         | 2.571           | 134.953                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N255/N254  | 36.54         | 1.976           | -134.391                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N255/N256  | 24.06         | 0.000           | -59.589                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | G      | Cumple |
| N257/N256  | 19.86         | 2.071           | -67.898                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N257/N258  | 18.99         | 0.000           | -43.149                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N259/N258  | 10.34         | 2.172           | -31.969                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N259/N260  | 13.03         | 0.000           | -27.053                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N261/N260  | 27.52         | 2.278           | -37.539                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N261/N262  | 12.14         | 0.000           | -32.202                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N263/N262  | 45.51         | 2.387           | -59.269                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N263/N250  | 34.19         | 0.000           | -82.400                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N264/N265  | 44.08         | 2.286           | 190.924                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N266/N265  | 50.59         | 1.886           | -214.509                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N266/N267  | 31.16         | 2.571           | 134.968                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N268/N267  | 36.54         | 1.976           | -134.392                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.24         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N268/N269  | 24.06         | 0.000           | -59.587                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | G      | Cumple |
| N270/N269  | 19.86         | 2.071           | -67.899                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.25         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N270/N271  | 18.99         | 0.000           | -43.152                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N272/N271  | 10.33         | 2.172           | -31.963                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.27         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N272/N273  | 13.03         | 0.000           | -27.056                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N274/N273  | 27.52         | 2.278           | -37.533                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.34         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N274/N275  | 12.14         | 0.000           | -32.208                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N263/N275  | 45.51         | 2.387           | -59.263                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.36         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N276/N372  | 12.00         | 0.000           | -130.429                      | 2.762      | 0.596      | -0.01        | 0.52         | 9.03         | GV     | Cumple |
| N372/N277  | 16.52         | 0.000           | -18.786                       | 15.303     | 10.581     | -0.07        | 14.44        | 15.16        | GV     | Cumple |
| N278/N345  | 12.04         | 0.000           | -130.886                      | 2.772      | -0.600     | 0.01         | -0.53        | 9.07         | GV     | Cumple |
| N345/N279  | 16.56         | 0.000           | -18.999                       | 15.307     | -10.583    | 0.07         | -14.45       | 15.18        | GV     | Cumple |
| N277/N297  | 23.82         | 3.014           | -3.928                        | -0.559     | 4.685      | 0.06         | -4.87        | 2.56         | GV     | Cumple |
| N297/N484  | 61.07         | 3.014           | 51.257                        | 3.569      | -1.832     | 0.06         | 6.64         | -7.05        | GV     | Cumple |
| N484/N296  | 61.18         | 0.000           | 52.272                        | -8.740     | 8.825      | 0.06         | 6.64         | -7.05        | GV     | Cumple |
| N296/N295  | 52.34         | 4.018           | 55.580                        | -0.640     | 3.995      | 0.06         | -8.37        | 5.29         | GV     | Cumple |
| N295/N483  | 94.56         | 1.005           | 66.874                        | 16.277     | -19.271    | 0.06         | 11.67        | -10.85       | GV     | Cumple |
| N483/N294  | 94.81         | 0.000           | 69.042                        | -5.386     | 3.490      | 0.06         | 11.67        | -10.85       | GV     | Cumple |
| N294/N482  | 85.28         | 0.000           | 88.207                        | 7.993      | -13.548    | 0.06         | -13.07       | 8.78         | GV     | Cumple |
| N482/N280  | 78.42         | 0.000           | 89.865                        | -3.086     | 3.923      | 0.06         | 11.44        | -8.04        | GV     | Cumple |
| N279/N290  | 23.87         | 3.014           | -3.925                        | 0.561      | 4.690      | -0.06        | -4.87        | -2.57        | GV     | Cumple |
| N290/N479  | 61.16         | 3.014           | 51.461                        | -3.574     | -1.837     | -0.06        | 6.65         | 7.06         | GV     | Cumple |
| N479/N291  | 61.28         | 0.000           | 52.477                        | 8.754      | 8.835      | -0.06        | 6.65         | 7.06         | GV     | Cumple |
| N291/N292  | 52.36         | 4.018           | 55.719                        | 0.639      | 3.995      | -0.06        | -8.38        | -5.29        | GV     | Cumple |
| N292/N480  | 94.59         | 1.005           | 66.961                        | -16.280    | -19.275    | -0.06        | 11.67        | 10.85        | GV     | Cumple |
| N480/N293  | 94.84         | 0.000           | 69.129                        | 5.387      | 3.492      | -0.06        | 11.67        | 10.85        | GV     | Cumple |
| N293/N481  | 85.30         | 0.000           | 88.247                        | -7.995     | -13.550    | -0.06        | -13.07       | -8.78        | GV     | Cumple |
| N481/N280  | 78.43         | 0.000           | 89.905                        | 3.087      | 3.924      | -0.06        | 11.44        | 8.04         | GV     | Cumple |
| N11/N7   | 43.62         | 1.803           | -192.360                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N24/N9   | 43.62         | 1.803           | -192.357                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N41/N37  | 66.90         | 1.803           | -296.668                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N54/N39  | 66.90         | 1.803           | -296.644                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N71/N67  | 86.68         | 1.803           | -385.270                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N84/N69  | 86.68         | 1.803           | -385.287                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N101/N97   | 89.69         | 1.803           | -398.761                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N114/N99   | 89.69         | 1.803           | -398.747                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N131/N127  | 86.70         | 1.803           | -385.345                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N144/N129  | 86.70         | 1.803           | -385.362                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N161/N157  | 89.57         | 1.803           | -398.224                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N174/N159  | 89.57         | 1.803           | -398.210                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N191/N187  | 89.04         | 1.803           | -395.848                      | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |        |        |              |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              | Origen | Estado |              |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) |        |        | Mz<br>(kN·m) |
| N204/N189  | 89.05         | 1.803           | -395.866          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N221/N217  | 99.63         | 1.803           | -443.302          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N234/N219  | 99.63         | 1.803           | -443.286          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N251/N247  | 76.99         | 1.803           | -341.869          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N264/N249  | 76.99         | 1.803           | -341.860          | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.23         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N4/N9  | 9.37          | 1.500           | -55.997           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.50         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N314/N25   | 22.93         | 1.500           | -55.724           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.18         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N5/N10   | 11.61         | 1.500           | -27.016           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N311/N315  | 14.47         | 1.500           | -34.088           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N2/N7  | 9.37          | 1.500           | -56.021           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.50         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N307/N12   | 22.93         | 1.500           | -55.723           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.18         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N308/N317  | 20.67         | 1.500           | -50.127           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.18         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N309/N318  | 17.12         | 1.500           | -40.630           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N310/N319  | 14.47         | 1.500           | -34.086           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N313/N320  | 20.68         | 1.500           | -50.150           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.18         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N247/N277  | 8.96          | 1.500           | -53.455           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.50         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N252/N297  | 21.14         | 1.500           | -50.570           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N321/N296  | 19.09         | 1.500           | -45.493           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N322/N295  | 19.57         | 1.500           | -46.697           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N323/N294  | 17.83         | 1.500           | -42.392           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N250/N280  | 14.29         | 1.500           | -33.660           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N324/N293  | 17.82         | 1.500           | -42.369           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N325/N292  | 19.56         | 1.500           | -46.660           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N326/N291  | 19.02         | 1.500           | -45.337           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N265/N290  | 21.30         | 1.500           | -50.975           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N249/N279  | 9.02          | 1.500           | -53.812           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.50         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N247/N297  | 61.39         | 0.000           | 70.087            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N297/N321  | 58.56         | 0.000           | 66.864            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N321/N295  | 52.25         | 0.000           | 59.651            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N295/N323  | 54.57         | 0.000           | 62.309            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N323/N280  | 29.28         | 0.000           | 33.434            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N324/N280  | 29.24         | 0.000           | 33.390            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N292/N324  | 54.53         | 0.000           | 62.261            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N326/N292  | 52.16         | 0.000           | 59.557            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N290/N326  | 58.30         | 0.000           | 66.567            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N249/N290  | 61.73         | 0.000           | 70.479            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N279/N265  | 60.40         | 0.000           | 68.964            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N265/N291  | 54.40         | 0.000           | 62.107            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N291/N325  | 56.69         | 0.000           | 64.720            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N325/N293  | 39.24         | 0.000           | 44.799            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N293/N250  | 26.03         | 0.000           | 29.718            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N294/N250  | 26.07         | 0.000           | 29.764            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N322/N294  | 39.28         | 0.000           | 44.846            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N296/N322  | 56.74         | 0.000           | 64.787            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N252/N296  | 54.62         | 0.000           | 62.363            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N277/N252  | 59.95         | 0.000           | 68.453            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N4/N25   | 61.23         | 0.000           | 69.906            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N25/N313   | 81.21         | 0.000           | 92.720            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N313/N316  | 49.90         | 0.000           | 56.972            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N316/N311  | 52.48         | 0.000           | 59.914            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N311/N10   | 20.78         | 0.000           | 23.724            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N310/N10   | 20.78         | 0.000           | 23.723            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N318/N310  | 52.47         | 0.000           | 59.907            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N308/N318  | 49.89         | 0.000           | 56.958            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N12/N308   | 81.22         | 0.000           | 92.730            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |
| N2/N12   | 61.25         | 0.000           | 69.933            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00   | GV     | Cumple       |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N7/N307  | 79.08         | 0.000           | 90.288            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N307/N317  | 57.14         | 0.000           | 65.241            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N317/N309  | 75.86         | 0.000           | 86.610            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N309/N319  | 43.17         | 0.000           | 49.289            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N319/N5  | 26.81         | 0.000           | 30.608            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N315/N5  | 26.82         | 0.000           | 30.617            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N312/N315  | 43.18         | 0.000           | 49.299            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N320/N312  | 75.86         | 0.000           | 86.616            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N314/N320  | 57.13         | 0.000           | 65.228            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N9/N314  | 79.06         | 0.000           | 90.269            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N9/N39   | 5.66          | 1.500           | 54.962            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.50         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N39/N69  | 10.29         | 3.000           | -19.568           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N69/N99  | 9.72          | 3.000           | -18.247           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N99/N129   | 9.15          | 3.000           | -16.932           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N129/N159  | 9.08          | 3.000           | -16.759           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N159/N189  | 9.24          | 3.000           | -17.130           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N189/N219  | 9.42          | 3.000           | -17.557           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N219/N249  | 9.64          | 3.000           | -18.055           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N217/N247  | 9.65          | 3.000           | -18.099           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N187/N217  | 9.44          | 3.000           | -17.599           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N157/N187  | 9.26          | 3.000           | -17.172           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N127/N157  | 9.10          | 3.000           | -16.800           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | G      | Cumple |
| N97/N127   | 9.23          | 3.000           | -17.105           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N67/N97  | 9.79          | 3.000           | -18.416           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N37/N67  | 10.36         | 3.000           | -19.732           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 2.01         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N7/N37   | 5.65          | 1.500           | 54.835            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.50         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N347/N346  | 8.55          | 3.000           | -0.569            | -0.198     | -8.978     | 0.00         | 16.10        | 0.35         | GV     | Cumple |
| N348/N347  | 9.10          | 0.000           | -35.234           | 0.229      | -8.655     | 0.00         | -12.94       | 0.32         | GV     | Cumple |
| N349/N345  | 15.49         | 3.000           | -52.734           | 0.263      | -10.045    | 0.00         | 19.37        | -1.24        | GV     | Cumple |
| N350/N349  | 12.95         | 0.000           | -23.118           | -0.337     | -10.387    | 0.00         | -14.99       | -0.83        | GV     | Cumple |
| N351/N350  | 10.15         | 0.000           | -20.356           | -0.036     | -9.998     | 0.00         | -14.25       | -0.15        | GV     | Cumple |
| N352/N351  | 9.95          | 0.000           | -17.845           | -0.113     | -10.022    | 0.00         | -14.20       | -0.35        | GV     | Cumple |
| N353/N352  | 9.16          | 0.000           | -1.165            | 0.000      | -22.818    | 0.00         | -19.12       | 0.00         | G      | Cumple |
| N354/N353  | 9.19          | 0.000           | -1.196            | -0.020     | -22.754    | 0.00         | -18.90       | -0.06        | G      | Cumple |
| N355/N354  | 9.76          | 0.000           | -0.475            | -0.040     | -22.885    | 0.00         | -19.47       | -0.20        | G      | Cumple |
| N356/N355  | 9.84          | 6.000           | -0.918            | 0.215      | 22.811     | 0.00         | -17.51       | -0.59        | G      | Cumple |
| N357/N356  | 7.23          | 0.000           | -10.399           | -0.144     | 6.557      | 0.00         | 10.51        | -0.64        | GV     | Cumple |
| N358/N357  | 14.84         | 0.000           | -51.672           | -0.853     | 8.428      | 0.00         | 17.37        | -1.39        | GV     | Cumple |
| N345/N249  | 73.35         | 0.000           | 83.744            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N349/N279  | 62.24         | 0.000           | 71.058            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N357/N4  | 70.91         | 0.000           | 80.957            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N348/N357  | 37.58         | 0.000           | 42.911            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N8/N348  | 41.24         | 0.000           | 47.082            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N358/N9  | 67.83         | 0.000           | 77.441            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N347/N358  | 38.30         | 0.000           | 43.723            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N3/N347  | 39.59         | 0.000           | 45.200            | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N359/N361  | 9.08          | 0.000           | -35.138           | -0.231     | -8.634     | 0.00         | -12.90       | -0.33        | GV     | Cumple |
| N361/N362  | 8.52          | 3.000           | -0.568            | 0.199      | -8.941     | 0.00         | 16.04        | -0.35        | GV     | Cumple |
| N360/N363  | 14.81         | 0.000           | -51.552           | 0.854      | 8.404      | 0.00         | 17.33        | 1.39         | GV     | Cumple |
| N363/N364  | 7.22          | 0.000           | -10.428           | 0.145      | 6.531      | 0.00         | 10.47        | 0.65         | GV     | Cumple |
| N364/N365  | 9.85          | 6.000           | -0.912            | -0.217     | 22.809     | 0.00         | -17.51       | 0.60         | G      | Cumple |
| N365/N366  | 9.78          | 0.000           | -0.482            | 0.041      | -22.884    | 0.00         | -19.47       | 0.20         | G      | Cumple |
| N366/N367  | 9.20          | 0.000           | -1.199            | 0.021      | -22.755    | 0.00         | -18.91       | 0.06         | G      | Cumple |
| N367/N368  | 9.16          | 0.000           | -1.167            | 0.000      | -22.819    | 0.00         | -19.12       | 0.00         | G      | Cumple |
| N368/N369  | 9.92          | 0.000           | -17.791           | 0.114      | -10.010    | 0.00         | -14.17       | 0.35         | GV     | Cumple |
| N369/N370  | 10.12         | 0.000           | -20.300           | 0.036      | -9.987     | 0.00         | -14.22       | 0.16         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N370/N371  | 12.93         | 0.000           | -23.063                       | 0.337      | -10.374    | 0.00         | -14.95       | 0.83         | GV     | Cumple |
| N371/N372  | 15.41         | 3.000           | -52.571                       | -0.256     | -10.014    | 0.00         | 19.32        | 1.22         | GV     | Cumple |
| N371/N277  | 61.92         | 0.000           | 70.697                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N372/N247  | 73.05         | 0.000           | 83.403                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N360/N7  | 67.54         | 0.000           | 77.116                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N361/N360  | 38.15         | 0.000           | 43.563                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N1/N361  | 39.43         | 0.000           | 45.022                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N363/N2  | 70.63         | 0.000           | 80.645                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N359/N363  | 37.44         | 0.000           | 42.745                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N6/N359  | 41.09         | 0.000           | 46.910                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N373/N345  | 13.07         | 0.000           | -12.318                       | 1.382      | -15.903    | -0.01        | -13.42       | 2.40         | GV     | Cumple |
| N374/N373  | 11.25         | 0.000           | -26.903                       | -0.501     | -14.453    | 0.00         | -15.83       | -0.84        | GV     | Cumple |
| N376/N375  | 11.25         | 4.000           | -26.905                       | 0.499      | 14.454     | 0.00         | -15.83       | -0.84        | GV     | Cumple |
| N372/N376  | 13.08         | 3.000           | -12.324                       | -1.382     | 15.892     | 0.01         | -13.40       | 2.40         | GV     | Cumple |
| N377/N348  | 7.52          | 0.000           | 2.231                         | -0.556     | -12.664    | 0.01         | -11.26       | -0.82        | GV     | Cumple |
| N359/N378  | 7.53          | 3.000           | 2.205                         | 0.559      | 12.660     | -0.01        | -11.25       | -0.83        | GV     | Cumple |
| N360/N379  | 11.11         | 3.000           | -11.583                       | 1.298      | 13.485     | 0.00         | -10.78       | -2.13        | GV     | Cumple |
| N379/N380  | 8.30          | 2.000           | 0.732                         | 0.023      | 0.515      | 0.00         | 17.30        | 0.02         | G      | Cumple |
| N380/N381  | 7.50          | 0.000           | 33.185                        | 1.308      | -11.818    | -0.01        | -12.86       | 2.41         | GV     | Cumple |
| N381/N382  | 6.24          | 2.500           | -1.573                        | -0.028     | 0.893      | 0.00         | 27.51        | 0.00         | G      | Cumple |
| N382/N383  | 5.97          | 2.500           | -1.660                        | -0.079     | -0.084     | 0.00         | 26.04        | 0.05         | G      | Cumple |
| N383/N384  | 5.97          | 2.500           | -1.663                        | 0.079      | 0.082      | 0.00         | 26.04        | 0.05         | G      | Cumple |
| N384/N385  | 6.24          | 2.500           | -1.579                        | 0.027      | -0.894     | 0.00         | 27.51        | 0.01         | G      | Cumple |
| N385/N386  | 7.50          | 4.000           | 33.173                        | -1.311     | 11.814     | 0.01         | -12.85       | 2.41         | GV     | Cumple |
| N386/N387  | 8.24          | 2.000           | 0.217                         | -0.025     | -0.528     | 0.00         | 17.26        | 0.01         | G      | Cumple |
| N387/N358  | 11.10         | 0.000           | -11.587                       | -1.299     | -13.481    | 0.00         | -10.77       | -2.13        | GV     | Cumple |
| N388/N374  | 10.83         | 4.000           | 12.575                        | 0.397      | 13.540     | 0.00         | -16.14       | -0.97        | GV     | Cumple |
| N389/N388  | 7.46          | 0.000           | -8.205                        | -0.355     | -41.539    | 0.03         | -25.25       | -1.07        | G      | Cumple |
| N390/N389  | 6.80          | 0.000           | -8.734                        | -0.171     | -40.461    | 0.01         | -24.48       | -0.71        | G      | Cumple |
| N391/N390  | 6.80          | 5.000           | -8.735                        | 0.171      | 40.461     | -0.01        | -24.48       | -0.70        | G      | Cumple |
| N392/N391  | 7.46          | 5.000           | -8.206                        | 0.357      | 41.538     | -0.03        | -25.25       | -1.07        | G      | Cumple |
| N375/N392  | 10.83         | 0.000           | 12.588                        | -0.397     | -13.542    | 0.00         | -16.14       | -0.97        | GV     | Cumple |
| N396/N395  | 34.40         | 0.000           | 14.362                        | -0.041     | 25.265     | 0.00         | 56.53        | -0.09        | GV     | Cumple |
| N398/N397  | 35.73         | 0.000           | -28.834                       | -1.241     | -22.817    | 0.00         | -53.59       | -1.98        | GV     | Cumple |
| N414/N413  | 33.48         | 0.000           | 12.203                        | -0.202     | -24.511    | 0.00         | -54.81       | -0.25        | GV     | Cumple |
| N415/N408  | 34.38         | 0.000           | 13.592                        | -0.058     | -25.259    | 0.00         | -56.51       | -0.10        | GV     | Cumple |
| N416/N409  | 35.00         | 0.000           | -29.598                       | -0.839     | 22.838     | 0.00         | 53.64        | -1.35        | GV     | Cumple |
| N417/N410  | 34.30         | 0.000           | 12.947                        | -0.537     | -24.539    | 0.00         | -54.86       | -0.85        | GV     | Cumple |
| N418/N411  | 35.80         | 0.000           | -29.730                       | -1.245     | 22.822     | 0.00         | 53.60        | -1.99        | GV     | Cumple |
| N419/N412  | 34.08         | 0.000           | 12.958                        | -0.818     | -24.002    | 0.00         | -53.65       | -1.26        | GV     | Cumple |
| N408/N413  | 10.90         | 6.000           | -5.735                        | -0.087     | 24.167     | 0.00         | -20.40       | 0.35         | G      | Cumple |
| N409/N408  | 9.44          | 0.000           | -5.018                        | -0.006     | -24.041    | 0.00         | -19.09       | -0.02        | G      | Cumple |
| N410/N409  | 9.48          | 0.000           | -4.336                        | -0.026     | -23.972    | 0.00         | -19.02       | -0.07        | G      | Cumple |
| N411/N410  | 10.42         | 6.000           | -21.894                       | 0.228      | 8.600      | 0.00         | -8.95        | -0.66        | GV     | Cumple |
| N412/N411  | 12.11         | 6.000           | -28.663                       | 0.219      | 8.362      | 0.00         | -8.78        | -0.59        | GV     | Cumple |
| N420/N388  | 45.89         | 3.000           | -0.161                        | 0.331      | 31.450     | 0.00         | -91.43       | -0.99        | G      | Cumple |
| N421/N389  | 59.51         | 3.000           | -0.017                        | 0.398      | 87.504     | 0.00         | -257.89      | -1.19        | G      | Cumple |
| N422/N390  | 61.26         | 3.000           | -0.011                        | 0.000      | 92.564     | 0.00         | -273.07      | 0.00         | G      | Cumple |
| N423/N391  | 59.51         | 3.000           | -0.022                        | -0.398     | 87.506     | 0.00         | -257.90      | 1.19         | G      | Cumple |
| N424/N392  | 45.87         | 3.000           | -0.144                        | -0.328     | 31.449     | 0.00         | -91.42       | 0.98         | G      | Cumple |
| N425/N375  | 35.28         | 3.000           | -19.937                       | -0.843     | -28.946    | 0.01         | 64.85        | 1.32         | GV     | Cumple |
| N426/N374  | 35.31         | 3.000           | -20.265                       | 0.832      | -29.051    | -0.01        | 64.96        | -1.30        | GV     | Cumple |
| N427/N373  | 17.81         | 3.000           | -7.741                        | 0.321      | -9.516     | 0.00         | 31.48        | -0.96        | GV     | Cumple |
| N428/N376  | 21.33         | 3.000           | -7.626                        | -0.340     | -11.892    | 0.00         | 38.60        | 1.02         | GV     | Cumple |
| N382/N429  | 54.78         | 3.000           | 4.792                         | 0.124      | 90.357     | 0.00         | -242.42      | -0.15        | G      | Cumple |
| N429/N430  | 58.25         | 0.000           | 0.095                         | 0.053      | -87.767    | 0.00         | -258.68      | 0.16         | G      | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N429/N431  | 25.69         | 2.500           | 17.008                        | -0.064     | 0.419      | 0.00         | 51.85        | 0.01         | G      | Cumple |
| N383/N431  | 57.45         | 3.000           | 4.427                         | -0.007     | 96.447     | 0.00         | -255.23      | 0.02         | G      | Cumple |
| N431/N432  | 25.68         | 2.500           | 16.944                        | 0.058      | -0.460     | 0.00         | 51.85        | 0.01         | G      | Cumple |
| N384/N432  | 54.80         | 3.000           | 4.794                         | -0.130     | 90.358     | 0.00         | -242.41      | 0.17         | G      | Cumple |
| N432/N433  | 26.94         | 2.500           | 16.759                        | 0.048      | -0.734     | -0.01        | 54.52        | 0.01         | G      | Cumple |
| N385/N433  | 28.85         | 0.000           | 11.656                        | 1.700      | -35.543    | 0.00         | -107.83      | 3.04         | GV     | Cumple |
| N433/N434  | 17.12         | 0.000           | 18.894                        | 0.083      | -63.497    | -0.01        | -32.81       | 0.15         | G      | Cumple |
| N386/N434  | 31.77         | 0.000           | 43.643                        | 0.987      | -24.227    | 0.00         | -52.34       | 1.71         | GV     | Cumple |
| N434/N435  | 18.20         | 2.000           | 15.173                        | -0.009     | -1.163     | 0.00         | 36.33        | 0.01         | G      | Cumple |
| N387/N435  | 21.38         | 0.000           | 25.163                        | 0.613      | -17.355    | 0.00         | -37.02       | 0.91         | GV     | Cumple |
| N435/N357  | 17.45         | 3.000           | -44.099                       | -1.710     | -2.154     | 0.00         | 18.04        | 2.50         | GV     | Cumple |
| N435/N436  | 5.70          | 0.000           | 5.798                         | 0.245      | -3.060     | 0.00         | -7.44        | 0.73         | GV     | Cumple |
| N434/N437  | 14.43         | 3.000           | 18.463                        | 1.030      | -9.294     | 0.01         | 19.09        | -1.71        | GV     | Cumple |
| N433/N438  | 20.20         | 0.000           | -0.093                        | -0.071     | -31.104    | 0.00         | -88.69       | -0.22        | G      | Cumple |
| N432/N439  | 58.20         | 0.000           | 0.095                         | -0.041     | -87.769    | 0.00         | -258.68      | -0.12        | G      | Cumple |
| N431/N440  | 61.00         | 0.000           | -0.097                        | 0.010      | -92.115    | 0.00         | -271.72      | 0.03         | G      | Cumple |
| N441/N429  | 26.95         | 2.500           | 16.949                        | -0.053     | 0.692      | 0.01         | 54.51        | 0.01         | G      | Cumple |
| N441/N442  | 20.24         | 0.000           | -0.095                        | 0.081      | -31.104    | 0.00         | -88.69       | 0.25         | G      | Cumple |
| N443/N441  | 17.11         | 4.000           | 19.209                        | -0.086     | 63.465     | 0.01         | -32.72       | 0.16         | G      | Cumple |
| N443/N444  | 14.41         | 3.000           | 18.465                        | -1.030     | -9.267     | -0.01        | 19.06        | 1.71         | GV     | Cumple |
| N380/N443  | 31.75         | 0.000           | 43.531                        | -0.987     | -24.200    | 0.00         | -52.32       | -1.71        | GV     | Cumple |
| N381/N441  | 28.84         | 0.000           | 11.649                        | -1.697     | -35.532    | 0.00         | -107.80      | -3.04        | GV     | Cumple |
| N379/N445  | 21.37         | 0.000           | 25.149                        | -0.615     | -17.337    | 0.00         | -36.98       | -0.92        | GV     | Cumple |
| N445/N443  | 18.22         | 2.000           | 15.452                        | -0.002     | 1.163      | 0.00         | 36.33        | 0.01         | G      | Cumple |
| N363/N445  | 17.44         | 0.000           | -44.088                       | 1.708      | 2.150      | 0.00         | 18.03        | 2.50         | GV     | Cumple |
| N445/N446  | 5.71          | 0.000           | 5.805                         | -0.245     | -3.058     | 0.00         | -7.44        | -0.73        | GV     | Cumple |
| N450/N449  | 33.45         | 0.000           | 11.368                        | -0.208     | 24.512     | -0.01        | 54.81        | -0.26        | GV     | Cumple |
| N451/N395  | 12.67         | 0.000           | -5.233                        | 0.002      | -25.606    | 0.00         | -25.88       | 0.01         | G      | Cumple |
| N452/N451  | 35.12         | 0.000           | -29.950                       | -0.939     | -22.828    | 0.00         | -53.62       | -1.43        | GV     | Cumple |
| N453/N451  | 12.43         | 0.000           | -4.244                        | 0.026      | -23.979    | 0.00         | -25.22       | 0.08         | G      | Cumple |
| N454/N453  | 34.23         | 0.000           | 12.592                        | -0.490     | 24.542     | 0.00         | 54.87        | -0.81        | GV     | Cumple |
| N397/N453  | 12.24         | 6.000           | -3.890                        | 0.010      | 25.337     | 0.00         | -25.14       | -0.02        | G      | Cumple |
| N455/N397  | 14.27         | 0.000           | -3.244                        | -0.044     | -25.998    | 0.00         | -28.34       | -0.25        | G      | Cumple |
| N456/N455  | 34.10         | 0.000           | -28.356                       | -1.660     | -21.142    | -0.01        | -49.74       | -2.53        | GV     | Cumple |
| N457/N455  | 15.74         | 6.000           | -2.206                        | 0.309      | 26.640     | 0.00         | -28.23       | -0.89        | G      | Cumple |
| N399/N457  | 16.27         | 0.000           | 23.616                        | 0.499      | -16.617    | 0.00         | -29.87       | 0.26         | GV     | Cumple |
| N377/N567  | 15.68         | 0.000           | -14.302                       | 0.173      | -19.036    | 0.02         | -29.45       | 0.33         | GV     | Cumple |
| N567/N570  | 10.98         | 0.000           | -14.302                       | 0.242      | -18.330    | 0.00         | -19.98       | 0.25         | GV     | Cumple |
| N570/N447  | 13.45         | 0.500           | -14.302                       | 0.344      | -16.833    | -0.03        | 24.37        | -0.41        | GV     | Cumple |
| N399/N447  | 9.08          | 2.000           | 2.756                         | -0.021     | 0.853      | 0.00         | 18.65        | -0.02        | G      | Cumple |
| N395/N449  | 15.27         | 6.000           | -5.882                        | 0.095      | 26.128     | 0.00         | -29.40       | -0.38        | G      | Cumple |
| N449/N393  | 16.98         | 0.000           | -6.704                        | -0.224     | -28.624    | 0.01         | -31.25       | -0.70        | G      | Cumple |
| N413/N459  | 13.72         | 6.000           | -21.513                       | -0.172     | -0.168     | 0.00         | 20.81        | 0.67         | GV     | Cumple |
| N461/N412  | 14.21         | 6.000           | -35.031                       | 0.175      | 10.323     | 0.00         | -10.97       | -0.47        | GV     | Cumple |
| N401/N461  | 16.26         | 0.000           | 23.418                        | -0.509     | -16.517    | 0.00         | -29.81       | -0.27        | GV     | Cumple |
| N448/N401  | 9.28          | 2.000           | 3.225                         | -0.055     | -0.968     | 0.00         | 18.63        | -0.10        | G      | Cumple |
| N378/N569  | 19.42         | 0.000           | 0.338                         | -2.248     | -25.416    | 0.72         | -6.69        | -0.44        | G      | Cumple |
| N569/N568  | 10.95         | 0.000           | -14.293                       | -0.243     | -18.314    | 0.00         | -19.96       | -0.24        | GV     | Cumple |
| N568/N448  | 19.72         | 0.000           | -1.484                        | 2.527      | 21.591     | -0.73        | 9.30         | 0.47         | G      | Cumple |
| N361/N448  | 11.19         | 1.500           | -4.500                        | -0.304     | -0.298     | 0.00         | 22.18        | 0.16         | G      | Cumple |
| N463/N352  | 82.21         | 1.350           | -86.005                       | 0.080      | -28.603    | 0.00         | 21.10        | -0.04        | GV     | Cumple |
| N464/N463  | 59.57         | 2.085           | -20.257                       | 0.056      | -14.923    | 0.00         | 122.29       | 0.03         | G      | Cumple |
| N464/N469  | 9.18          | 0.000           | -1.410                        | -0.007     | -24.001    | 0.00         | -18.99       | -0.03        | G      | Cumple |
| N469/N470  | 9.85          | 6.000           | -0.943                        | 0.033      | 24.094     | 0.00         | -20.01       | -0.12        | G      | Cumple |
| N470/N471  | 12.18         | 0.000           | -1.787                        | -0.212     | -26.442    | 0.01         | -21.47       | -0.76        | G      | Cumple |
| N465/N464  | 9.27          | 0.000           | -1.278                        | 0.013      | -23.992    | 0.00         | -19.15       | 0.04         | G      | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N466/N465  | 9.09          | 6.000           | -1.002                        | -0.020     | 24.070     | 0.00         | -18.74       | 0.05         | G      | Cumple |
| N467/N466  | 14.05         | 0.000           | -0.233                        | -0.022     | -25.984    | 0.00         | -29.01       | -0.11        | G      | Cumple |
| N468/N467  | 16.27         | 6.000           | -0.958                        | 0.287      | 27.799     | -0.02        | -29.42       | -0.90        | G      | Cumple |
| N472/N353  | 78.47         | 1.350           | -81.627                       | 0.141      | -27.592    | 0.00         | 20.11        | -0.09        | GV     | Cumple |
| N465/N472  | 59.60         | 2.085           | -21.267                       | 0.057      | -15.055    | 0.00         | 122.20       | 0.03         | G      | Cumple |
| N473/N354  | 80.94         | 1.350           | -85.747                       | 0.072      | -28.247    | 0.00         | 20.75        | -0.02        | GV     | Cumple |
| N466/N473  | 59.61         | 2.085           | -19.923                       | 0.079      | -14.856    | 0.00         | 122.33       | 0.06         | G      | Cumple |
| N474/N355  | 83.14         | 1.350           | -81.300                       | 1.426      | -27.420    | 0.00         | 19.96        | -1.10        | GV     | Cumple |
| N467/N474  | 59.54         | 2.085           | -20.724                       | -0.097     | -15.032    | 0.00         | 122.15       | -0.03        | G      | Cumple |
| N468/N475  | 36.11         | 0.000           | -127.825                      | 0.668      | -42.166    | 0.00         | -26.80       | 1.33         | GV     | Cumple |
| N476/N351  | 78.54         | 1.350           | -81.684                       | 0.119      | -27.612    | 0.00         | 20.13        | -0.09        | GV     | Cumple |
| N469/N476  | 59.61         | 2.085           | -21.288                       | 0.054      | -15.040    | 0.00         | 122.22       | 0.03         | G      | Cumple |
| N477/N350  | 83.62         | 1.350           | -85.392                       | -0.880     | -28.081    | 0.00         | 20.61        | 0.75         | GV     | Cumple |
| N470/N477  | 59.57         | 2.085           | -19.890                       | 0.177      | -14.937    | 0.00         | 122.26       | 0.06         | G      | Cumple |
| N471/N478  | 33.39         | 4.765           | 35.312                        | 0.085      | 88.813     | 0.00         | -64.87       | -0.17        | G      | Cumple |
| N116/N87   | 23.19         | 3.264           | -8.762                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N116/N147  | 22.30         | 3.264           | -8.318                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N236/N207  | 21.70         | 3.264           | -8.018                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N236/N267  | 22.30         | 3.264           | -8.317                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N266/N237  | 17.01         | 3.264           | -5.668                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N206/N237  | 17.30         | 3.264           | -5.813                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N146/N117  | 17.47         | 3.264           | -5.898                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N86/N117   | 17.43         | 3.264           | -5.878                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N86/N57  | 17.48         | 3.264           | -5.904                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N56/N87  | 22.88         | 3.264           | -8.609                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N56/N27  | 12.21         | 1.976           | 27.686                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.16         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N26/N57  | 8.07          | 1.976           | -7.149                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.16         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N240/N271  | 31.98         | 3.387           | -13.767                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N270/N241  | 31.37         | 3.387           | -14.922                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N210/N241  | 29.86         | 3.387           | -14.117                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N150/N121  | 29.72         | 3.387           | -14.045                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N90/N121   | 28.49         | 3.387           | -13.390                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N90/N61  | 29.63         | 3.387           | -13.996                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N30/N61  | 17.09         | 2.172           | -17.487                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.11         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N60/N31  | 18.43         | 2.172           | -18.957                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.11         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N60/N91  | 30.75         | 3.387           | -13.122                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N120/N91   | 31.49         | 3.387           | -13.507                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N120/N151  | 30.85         | 3.387           | -13.174                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N240/N211  | 32.38         | 3.387           | -13.973                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N223/N194  | 21.82         | 3.264           | -8.079                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N103/N134  | 22.41         | 3.264           | -8.372                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N103/N74   | 23.29         | 3.264           | -8.814                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N43/N74  | 22.98         | 3.264           | -8.660                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N43/N14  | 12.20         | 1.976           | 27.650                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.16         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N13/N44  | 8.06          | 1.976           | -7.131                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.16         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N73/N44  | 17.52         | 3.264           | -5.924                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N73/N104   | 17.40         | 3.264           | -5.860                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N133/N104  | 17.52         | 3.264           | -5.920                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N193/N224  | 17.26         | 3.264           | -5.791                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N253/N224  | 17.07         | 3.264           | -5.695                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N223/N254  | 22.19         | 3.264           | -8.263                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N227/N198  | 32.37         | 3.387           | -13.968                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N107/N138  | 30.84         | 3.387           | -13.166                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N107/N78   | 31.47         | 3.387           | -13.497                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N47/N78  | 30.73         | 3.387           | -13.112                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N77/N108   | 28.48         | 3.387           | -13.382                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N137/N108  | 29.71         | 3.387           | -14.037                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N197/N228  | 29.84         | 3.387           | -14.110                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N257/N228  | 31.35         | 3.387           | -14.914                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N227/N258  | 31.98         | 3.387           | -13.767                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N231/N202  | 24.40         | 3.528           | -10.491                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N111/N142  | 25.22         | 3.528           | -10.949                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N111/N82   | 24.97         | 3.528           | -10.805                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N51/N82  | 25.35         | 3.528           | -11.018                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N81/N112   | 20.49         | 3.528           | -8.301                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N141/N112  | 19.91         | 3.528           | -7.979                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N201/N232  | 20.16         | 3.528           | -8.115                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N261/N232  | 19.45         | 3.528           | -7.723                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N231/N262  | 24.56         | 3.528           | -10.577                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N244/N215  | 24.41         | 3.528           | -10.493                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N124/N155  | 25.23         | 3.528           | -10.951                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N124/N95   | 24.97         | 3.528           | -10.806                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N64/N95  | 25.35         | 3.528           | -11.020                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N94/N125   | 20.49         | 3.528           | -8.304                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N154/N125  | 19.91         | 3.528           | -7.981                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N214/N245  | 20.16         | 3.528           | -8.118                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N274/N245  | 19.46         | 3.528           | -7.725                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N244/N275  | 24.56         | 3.528           | -10.579                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N266/N479  | 15.07         | 1.976           | -7.544                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N270/N480  | 41.99         | 2.172           | -19.081                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N274/N481  | 31.03         | 2.387           | -11.801                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N261/N482  | 31.02         | 2.387           | -11.798                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N257/N483  | 41.97         | 2.172           | -19.074                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N253/N484  | 15.01         | 1.976           | -7.516                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N26/N485   | 15.56         | 1.976           | -7.817                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N30/N486   | 39.93         | 2.172           | -18.114                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N94/N65  | 19.68         | 3.528           | -7.850                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N34/N65  | 12.53         | 2.387           | -12.288                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.12         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N64/N35  | 15.71         | 2.387           | -15.717                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.12         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N34/N487   | 30.47         | 2.387           | -11.578                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N81/N52  | 19.68         | 3.528           | -7.847                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N21/N52  | 11.97         | 2.089           | -12.300                       | 0.000      | -0.013     | 0.00         | 0.12         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N51/N22  | 15.70         | 2.387           | -15.715                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.12         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N21/N488   | 30.46         | 2.387           | -11.574                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N77/N48  | 29.61         | 3.387           | -13.987                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N17/N48  | 17.10         | 2.172           | -17.503                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.11         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N47/N18  | 18.42         | 2.172           | -18.942                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.11         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N17/N489   | 39.91         | 2.172           | -18.101                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.08         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N13/N490   | 15.60         | 1.976           | -7.839                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N473/N472  | 8.87          | 0.000           | -3.382                        | -0.040     | -22.410    | 0.00         | -17.57       | -0.13        | G      | Cumple |
| N472/N463  | 8.79          | 0.000           | -3.562                        | -0.014     | -22.458    | 0.00         | -17.84       | -0.04        | G      | Cumple |
| N463/N476  | 8.93          | 0.000           | -3.783                        | -0.028     | -22.510    | 0.00         | -17.86       | -0.09        | G      | Cumple |
| N476/N477  | 9.44          | 6.000           | -4.059                        | 0.014      | 22.610     | 0.00         | -18.97       | -0.07        | G      | Cumple |
| N477/N478  | 12.04         | 0.000           | -4.061                        | -0.257     | -25.109    | -0.02        | -20.37       | -0.86        | G      | Cumple |
| N281/N373  | 21.53         | 0.000           | -54.796                       | -4.842     | -36.269    | 0.06         | -122.55      | -15.07       | GV     | Cumple |
| N373/N290  | 9.41          | 2.091           | -21.388                       | -1.337     | -4.395     | 0.00         | 58.09        | -5.19        | GV     | Cumple |
| N283/N388  | 30.53         | 0.000           | -34.544                       | 0.459      | 45.540     | -0.05        | 240.86       | 0.85         | GV     | Cumple |
| N388/N292  | 9.75          | 2.695           | -38.459                       | -1.169     | -3.261     | 0.00         | 59.39        | -4.72        | GV     | Cumple |
| N282/N374  | 21.32         | 0.000           | -71.922                       | -4.534     | -31.152    | 0.02         | -119.76      | -14.48       | GV     | Cumple |
| N374/N507  | 12.93         | 0.000           | -9.356                        | -3.003     | 34.449     | 0.00         | 79.19        | -8.46        | GV     | Cumple |
| N507/N291  | 6.54          | 0.000           | 6.098                         | -42.717    | 11.692     | 0.00         | 4.74         | -16.27       | GV     | Cumple |
| N284/N389  | 36.28         | 0.000           | -65.081                       | 0.104      | 48.056     | -0.02        | 284.65       | 0.22         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N389/N293  | 14.57         | 0.000           | -30.390           | -0.138     | -15.385    | 0.00         | -110.99      | -0.99        | G      | Cumple |
| N285/N390  | 37.99         | 0.000           | -92.498           | -4.479     | -61.201    | 0.00         | -257.31      | -12.79       | GV     | Cumple |
| N390/N280  | 14.25         | 0.000           | 1.547             | 0.000      | -15.079    | 0.00         | -115.97      | 0.00         | G      | Cumple |
| N286/N391  | 36.27         | 0.000           | -65.054           | -0.098     | 48.054     | 0.02         | 284.58       | -0.20        | GV     | Cumple |
| N391/N294  | 14.57         | 0.000           | -30.387           | 0.137      | -15.382    | 0.00         | -110.97      | 0.99         | G      | Cumple |
| N287/N392  | 30.52         | 0.000           | -34.502           | -0.454     | 45.564     | 0.05         | 240.81       | -0.84        | GV     | Cumple |
| N392/N295  | 9.75          | 2.695           | -38.455           | 1.168      | -3.255     | 0.00         | 59.41        | 4.72         | GV     | Cumple |
| N288/N375  | 21.29         | 0.000           | -71.884           | 4.531      | -31.103    | -0.02        | -119.51      | 14.47        | GV     | Cumple |
| N375/N508  | 12.85         | 0.000           | -9.360            | 2.998      | 34.351     | 0.00         | 78.57        | 8.45         | GV     | Cumple |
| N508/N296  | 6.54          | 0.000           | 6.103             | 42.691     | 11.689     | 0.00         | 4.74         | 16.26        | GV     | Cumple |
| N289/N376  | 21.59         | 0.000           | -56.291           | 4.838      | -36.741    | -0.05        | -122.82      | 15.05        | GV     | Cumple |
| N376/N297  | 9.23          | 2.091           | -21.372           | 1.337      | -4.772     | 0.00         | 56.62        | 5.19         | GV     | Cumple |
| N298/N377  | 17.69         | 0.000           | -87.666           | -4.556     | 33.144     | -0.05        | 98.24        | -10.83       | GV     | Cumple |
| N377/N387  | 8.31          | 0.000           | -56.421           | -0.011     | 17.119     | -0.06        | 57.75        | 0.28         | GV     | Cumple |
| N387/N314  | 11.00         | 0.000           | -16.789           | 1.127      | 29.421     | 0.00         | 67.26        | 6.74         | GV     | Cumple |
| N299/N386  | 16.65         | 0.000           | -22.731           | 0.615      | -20.471    | 0.05         | -128.85      | 1.10         | GV     | Cumple |
| N386/N510  | 18.43         | 0.000           | 4.073             | 4.620      | 39.828     | 0.00         | 112.80       | 12.58        | GV     | Cumple |
| N510/N313  | 5.84          | 0.000           | 15.833            | -39.449    | -1.714     | 0.00         | -1.07        | -15.03       | GV     | Cumple |
| N300/N385  | 30.41         | 0.000           | -54.916           | 0.273      | 47.812     | -0.04        | 236.83       | 0.76         | GV     | Cumple |
| N385/N312  | 15.25         | 0.000           | 6.404             | 0.738      | 42.479     | 0.00         | 108.77       | 4.97         | GV     | Cumple |
| N301/N384  | 36.06         | 0.000           | -53.738           | 0.036      | 57.355     | -0.01        | 284.74       | 0.21         | GV     | Cumple |
| N384/N311  | 16.35         | 0.000           | 6.011             | 0.293      | 48.818     | 0.00         | 126.22       | 2.11         | GV     | Cumple |
| N302/N383  | 38.66         | 0.000           | -110.288          | -0.001     | 58.532     | 0.00         | 295.62       | -0.01        | GV     | Cumple |
| N383/N5  | 17.95         | 0.000           | -50.752           | 0.000      | 51.176     | 0.00         | 136.99       | 0.00         | GV     | Cumple |
| N303/N382  | 36.06         | 0.000           | -53.736           | -0.041     | 57.351     | 0.01         | 284.72       | -0.22        | GV     | Cumple |
| N382/N310  | 16.35         | 0.000           | 6.008             | -0.293     | 48.815     | 0.00         | 126.20       | -2.12        | GV     | Cumple |
| N304/N381  | 30.41         | 0.000           | -54.908           | -0.277     | 47.814     | 0.04         | 236.80       | -0.77        | GV     | Cumple |
| N381/N309  | 15.24         | 0.000           | 6.399             | -0.738     | 42.470     | 0.00         | 108.72       | -4.97        | GV     | Cumple |
| N305/N380  | 16.70         | 0.000           | -22.734           | -0.618     | -20.635    | -0.05        | -129.27      | -1.11        | GV     | Cumple |
| N380/N509  | 18.40         | 0.000           | 4.069             | -4.622     | 39.792     | 0.00         | 112.58       | -12.59       | GV     | Cumple |
| N509/N308  | 5.85          | 0.000           | 15.829            | 39.462     | -1.750     | 0.00         | -1.09        | 15.03        | GV     | Cumple |
| N306/N378  | 17.69         | 0.000           | -87.725           | 4.542      | 33.164     | 0.05         | 98.35        | 10.80        | GV     | Cumple |
| N378/N379  | 8.29          | 0.000           | -56.410           | 0.021      | 17.116     | 0.06         | 57.67        | -0.26        | GV     | Cumple |
| N379/N307  | 10.99         | 0.000           | -16.794           | -1.128     | 29.404     | 0.00         | 67.16        | -6.74        | GV     | Cumple |
| N312/N316  | 17.12         | 1.500           | -40.631           | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.30         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N365/N500  | 83.06         | 0.000           | -81.304           | -1.425     | 27.370     | 0.00         | 19.93        | -1.09        | GV     | Cumple |
| N366/N501  | 80.87         | 0.000           | -85.785           | -0.070     | 28.198     | 0.00         | 20.73        | -0.01        | GV     | Cumple |
| N367/N502  | 78.40         | 0.000           | -81.657           | -0.140     | 27.543     | 0.00         | 20.09        | -0.09        | GV     | Cumple |
| N368/N503  | 82.14         | 0.000           | -86.034           | -0.078     | 28.553     | 0.00         | 21.08        | -0.04        | GV     | Cumple |
| N369/N504  | 78.47         | 0.000           | -81.717           | -0.117     | 27.564     | 0.00         | 20.11        | -0.09        | GV     | Cumple |
| N370/N505  | 83.55         | 0.000           | -85.414           | 0.880      | 28.030     | 0.00         | 20.59        | 0.75         | GV     | Cumple |
| N491/N506  | 33.37         | 4.765           | 35.332            | -0.087     | 88.752     | 0.00         | -64.80       | 0.18         | G      | Cumple |
| N492/N505  | 59.58         | 2.085           | -20.024           | -0.178     | -14.987    | 0.00         | 122.25       | -0.06        | G      | Cumple |
| N505/N506  | 12.11         | 0.000           | -4.072            | 0.258      | -25.130    | 0.02         | -20.49       | 0.86         | G      | Cumple |
| N492/N491  | 12.18         | 0.000           | -1.833            | 0.211      | -26.445    | -0.01        | -21.48       | 0.75         | G      | Cumple |
| N493/N492  | 9.88          | 6.000           | -1.026            | -0.033     | 24.110     | 0.00         | -20.05       | 0.12         | G      | Cumple |
| N494/N493  | 9.21          | 0.000           | -1.493            | 0.007      | -24.017    | 0.00         | -19.06       | 0.03         | G      | Cumple |
| N495/N494  | 9.18          | 0.000           | -1.398            | -0.012     | -23.946    | 0.00         | -18.97       | -0.04        | G      | Cumple |
| N496/N495  | 9.12          | 0.000           | -1.091            | 0.018      | -23.919    | 0.00         | -18.76       | 0.06         | G      | Cumple |
| N497/N496  | 10.00         | 0.000           | -0.612            | 0.014      | -24.275    | 0.00         | -20.58       | 0.08         | G      | Cumple |
| N499/N500  | 11.43         | 6.000           | -2.723            | -0.240     | 24.823     | -0.02        | -19.79       | 0.75         | G      | Cumple |
| N500/N501  | 9.83          | 0.000           | -3.219            | 0.034      | -22.790    | 0.00         | -19.55       | 0.14         | G      | Cumple |
| N501/N502  | 8.88          | 0.000           | -3.378            | 0.039      | -22.408    | 0.00         | -17.63       | 0.12         | G      | Cumple |
| N502/N503  | 8.83          | 0.000           | -3.562            | 0.015      | -22.459    | 0.00         | -17.92       | 0.04         | G      | Cumple |
| N503/N504  | 8.97          | 0.000           | -3.787            | 0.029      | -22.510    | 0.00         | -17.94       | 0.09         | G      | Cumple |
| N504/N505  | 9.49          | 6.000           | -4.063            | -0.014     | 22.615     | 0.00         | -19.08       | 0.07         | G      | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N493/N504  | 59.61         | 2.085           | -21.409                       | -0.054     | -15.099    | 0.00         | 122.19       | -0.03        | G      | Cumple |
| N494/N503  | 59.58         | 2.085           | -20.385                       | -0.059     | -14.976    | 0.00         | 122.28       | -0.03        | G      | Cumple |
| N495/N502  | 59.61         | 2.085           | -21.395                       | -0.059     | -15.109    | 0.00         | 122.19       | -0.03        | G      | Cumple |
| N496/N501  | 59.57         | 2.085           | -20.038                       | -0.062     | -14.912    | 0.00         | 122.32       | -0.03        | G      | Cumple |
| N497/N500  | 59.54         | 2.085           | -20.861                       | 0.094      | -15.084    | 0.00         | 122.14       | 0.03         | G      | Cumple |
| N498/N499  | 36.22         | 0.000           | -127.946                      | -0.678     | -42.108    | 0.00         | -26.73       | -1.36        | GV     | Cumple |
| N498/N497  | 12.15         | 6.000           | -1.369                        | -0.269     | 26.235     | 0.02         | -21.05       | 0.83         | G      | Cumple |
| N453/N465  | 67.56         | 1.450           | 13.046                        | -0.144     | 22.692     | 0.00         | -20.30       | 0.11         | G      | Cumple |
| N395/N469  | 67.96         | 1.450           | 12.987                        | -0.250     | 22.682     | 0.00         | -20.29       | 0.18         | G      | Cumple |
| N397/N466  | 68.12         | 1.450           | 13.404                        | -0.094     | 22.998     | 0.00         | -20.48       | 0.10         | G      | Cumple |
| N449/N470  | 69.13         | 1.450           | 13.459                        | 0.520      | 22.767     | 0.00         | -20.33       | -0.33        | G      | Cumple |
| N451/N464  | 67.94         | 1.450           | 13.267                        | -0.149     | 22.842     | 0.00         | -20.39       | 0.12         | G      | Cumple |
| N455/N467  | 70.08         | 1.450           | 24.595                        | -1.421     | 25.891     | 0.00         | -18.81       | 0.97         | GV     | Cumple |
| N493/N408  | 68.01         | 0.000           | 12.985                        | 0.248      | -22.694    | 0.00         | -20.30       | 0.18         | G      | Cumple |
| N494/N409  | 68.01         | 0.000           | 13.249                        | 0.167      | -22.827    | 0.00         | -20.38       | 0.14         | G      | Cumple |
| N495/N410  | 67.55         | 0.000           | 13.027                        | 0.143      | -22.678    | 0.00         | -20.30       | 0.11         | G      | Cumple |
| N496/N411  | 68.03         | 0.000           | 13.396                        | 0.083      | -22.996    | 0.00         | -20.48       | 0.09         | G      | Cumple |
| N497/N412  | 69.85         | 0.000           | 24.571                        | 1.363      | -25.908    | 0.00         | -18.82       | 0.92         | GV     | Cumple |
| N492/N413  | 69.08         | 0.000           | 13.430                        | -0.506     | -22.759    | 0.00         | -20.33       | -0.32        | G      | Cumple |
| N491/N459  | 34.14         | 0.000           | -15.565                       | -0.923     | -9.033     | 0.00         | -8.47        | -0.73        | G      | Cumple |
| N276/N371  | 40.09         | 0.000           | 45.776                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N246/N372  | 34.20         | 0.000           | 39.051                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N393/N471  | 34.22         | 1.450           | -15.494                       | 0.950      | 9.020      | 0.00         | -8.47        | -0.74        | G      | Cumple |
| N278/N349  | 40.22         | 0.000           | 45.926                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N248/N345  | 34.34         | 0.000           | 39.207                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N406/N441  | 32.79         | 5.310           | -199.154                      | -3.120     | -2.169     | 0.00         | 7.76         | 11.14        | G      | Cumple |
| N405/N429  | 53.52         | 5.310           | -330.362                      | -5.100     | 0.066      | 0.00         | -0.29        | 18.43        | G      | Cumple |
| N404/N431  | 55.18         | 5.310           | -340.897                      | -5.172     | -0.046     | 0.00         | 0.11         | 18.86        | G      | Cumple |
| N403/N432  | 53.54         | 5.310           | -330.357                      | -5.100     | -0.110     | 0.00         | 0.39         | 18.43        | G      | Cumple |
| N402/N433  | 32.75         | 5.310           | -199.136                      | -3.121     | 2.117      | 0.00         | -7.64        | 11.14        | G      | Cumple |
| N407/N401  | 11.10         | 0.000           | -52.662                       | -2.731     | -1.714     | 0.00         | -2.81        | -7.84        | GV     | Cumple |
| N401/N443  | 34.88         | 2.250           | -19.891                       | -26.180    | 4.054      | 0.02         | -3.72        | 33.35        | GV     | Cumple |
| N400/N399  | 10.99         | 0.000           | -52.775                       | -2.657     | 1.701      | 0.00         | 2.79         | -7.72        | GV     | Cumple |
| N399/N434  | 35.00         | 2.250           | -19.889                       | -26.300    | -4.050     | -0.02        | 3.72         | 33.47        | GV     | Cumple |
| N460/N459  | 22.43         | 3.060           | -19.686                       | -3.769     | 15.419     | -0.01        | -19.82       | 7.76         | GV     | Cumple |
| N459/N425  | 53.98         | 2.250           | -84.232                       | -22.257    | -11.278    | -0.01        | 23.86        | 28.58        | GV     | Cumple |
| N394/N393  | 22.54         | 3.060           | -19.852                       | -3.812     | -15.406    | 0.01         | 19.79        | 7.86         | GV     | Cumple |
| N393/N426  | 54.46         | 2.250           | -83.674                       | -22.630    | 11.412     | 0.01         | -24.15       | 28.84        | GV     | Cumple |
| N462/N461  | 16.40         | 0.000           | -39.533                       | -0.862     | 12.241     | 0.01         | 20.33        | -1.92        | GV     | Cumple |
| N461/N444  | 35.01         | 2.250           | -29.852                       | -20.557    | -4.420     | 0.00         | 9.66         | 22.28        | GV     | Cumple |
| N458/N457  | 16.30         | 0.000           | -38.965                       | -0.799     | -12.245    | -0.01        | -20.34       | -1.85        | GV     | Cumple |
| N457/N437  | 35.03         | 2.250           | -29.832                       | -20.547    | 4.409      | 0.00         | -9.65        | 22.30        | GV     | Cumple |
| N507/N290  | 20.81         | 2.000           | -42.163                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.69         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N373/N507  | 57.46         | 0.000           | 11.820                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N374/N290  | 66.06         | 0.000           | 13.589                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N281/N374  | 30.53         | 0.000           | 6.280                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N282/N373  | 29.82         | 0.000           | 6.134                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N297/N508  | 20.82         | 2.000           | -42.189                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.69         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N375/N297  | 66.08         | 0.000           | 13.592                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N376/N508  | 57.45         | 0.000           | 11.816                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N288/N376  | 29.83         | 0.000           | 6.137                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N289/N375  | 30.53         | 0.000           | 6.280                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N307/N509  | 15.08         | 2.000           | -30.231                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.69         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N510/N314  | 15.08         | 2.000           | -30.226                       | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.69         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N379/N509  | 39.81         | 0.000           | 8.190                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N380/N307  | 49.42         | 0.000           | 10.166                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                               |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)                     | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N306/N380  | 20.48         | 0.000           | 4.212                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N305/N379  | 20.02         | 0.000           | 4.118                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N386/N314  | 49.43         | 0.000           | 10.169                        | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N387/N510  | 39.81         | 0.000           | 8.189                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N299/N387  | 20.01         | 0.000           | 4.116                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N298/N386  | 20.50         | 0.000           | 4.216                         | 0.000      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N511/N447  | 15.29         | 0.000           | -91.696                       | 4.596      | 1.618      | 0.00         | 2.70         | 9.51         | GV     | Cumple |
| N447/N435  | 24.09         | 2.250           | -17.859                       | -18.560    | -1.909     | -0.01        | 1.15         | 23.53        | GV     | Cumple |
| N447/N347  | 10.89         | 1.500           | -3.681                        | 0.175      | 0.121      | 0.00         | 22.16        | 0.06         | G      | Cumple |
| N512/N448  | 15.29         | 0.000           | -91.642                       | 4.593      | -1.629     | 0.00         | -2.72        | 9.50         | GV     | Cumple |
| N448/N445  | 24.07         | 2.250           | -17.877                       | -18.542    | 1.915      | 0.01         | -1.15        | 23.51        | GV     | Cumple |
| N513/N466  | 67.72         | 3.060           | -157.565                      | -0.441     | -61.031    | 0.00         | 98.95        | 0.71         | GV     | Cumple |
| N514/N468  | 28.45         | 3.060           | -215.547                      | -2.901     | -7.906     | 0.00         | 17.72        | 5.91         | G      | Cumple |
| N515/N467  | 64.87         | 3.060           | -157.946                      | -0.245     | -57.968    | -0.01        | 94.69        | 0.29         | GV     | Cumple |
| N516/N465  | 65.71         | 3.060           | -156.584                      | -0.332     | -58.902    | 0.00         | 95.97        | 0.47         | GV     | Cumple |
| N517/N464  | 67.64         | 3.060           | -158.303                      | -0.353     | -61.058    | 0.00         | 98.98        | 0.52         | GV     | Cumple |
| N518/N469  | 65.79         | 3.060           | -156.416                      | -0.340     | -58.995    | 0.00         | 96.10        | 0.49         | GV     | Cumple |
| N519/N470  | 67.18         | 3.060           | -158.801                      | -0.465     | -60.248    | 0.00         | 97.87        | 0.75         | GV     | Cumple |
| N520/N471  | 33.15         | 3.060           | -131.076                      | 2.858      | -14.173    | -0.01        | 31.81        | -6.28        | G      | Cumple |
| N474/N473  | 9.77          | 0.000           | -3.199                        | -0.033     | -22.783    | 0.00         | -19.44       | -0.14        | G      | Cumple |
| N475/N474  | 11.38         | 6.000           | -2.751                        | 0.240      | 24.808     | 0.02         | -19.69       | -0.75        | G      | Cumple |
| N521/N474  | 49.05         | 5.310           | -248.880                      | -0.050     | 16.816     | 0.00         | -56.96       | -0.02        | G      | Cumple |
| N522/N475  | 23.53         | 5.310           | -168.702                      | -1.386     | 2.810      | 0.00         | -10.03       | 4.79         | G      | Cumple |
| N523/N473  | 49.83         | 5.310           | -246.390                      | -0.229     | 17.076     | 0.00         | -57.62       | 0.61         | G      | Cumple |
| N524/N472  | 49.48         | 5.310           | -246.170                      | -0.206     | 16.906     | 0.00         | -57.20       | 0.53         | G      | Cumple |
| N525/N463  | 49.66         | 5.310           | -246.416                      | -0.220     | 16.985     | 0.00         | -57.39       | 0.57         | G      | Cumple |
| N526/N476  | 49.44         | 5.310           | -245.738                      | -0.199     | 16.918     | 0.00         | -57.23       | 0.49         | G      | Cumple |
| N527/N477  | 50.39         | 5.310           | -249.622                      | -0.387     | 16.991     | 0.00         | -57.40       | 1.16         | G      | Cumple |
| N528/N478  | 23.64         | 5.310           | -175.945                      | 1.007      | 3.451      | 0.00         | -12.36       | -3.86        | G      | Cumple |
| N529/N506  | 23.58         | 5.310           | -175.522                      | 1.004      | -3.447     | 0.00         | 12.34        | -3.85        | G      | Cumple |
| N530/N505  | 50.48         | 5.310           | -249.545                      | -0.389     | -17.034    | 0.00         | 57.53        | 1.17         | G      | Cumple |
| N531/N504  | 49.50         | 5.310           | -245.628                      | -0.199     | -16.954    | 0.00         | 57.34        | 0.49         | G      | Cumple |
| N532/N503  | 49.73         | 5.310           | -246.313                      | -0.219     | -17.026    | 0.00         | 57.52        | 0.57         | G      | Cumple |
| N533/N502  | 49.55         | 5.310           | -246.067                      | -0.206     | -16.946    | 0.00         | 57.32        | 0.53         | G      | Cumple |
| N534/N501  | 49.90         | 5.310           | -246.289                      | -0.231     | -17.113    | 0.00         | 57.74        | 0.61         | G      | Cumple |
| N535/N500  | 49.13         | 5.310           | -248.781                      | -0.050     | -16.860    | 0.00         | 57.09        | -0.03        | G      | Cumple |
| N536/N499  | 23.53         | 5.310           | -168.807                      | -1.382     | -2.825     | 0.00         | 10.08        | 4.77         | G      | Cumple |
| N537/N491  | 33.17         | 3.060           | -131.162                      | 2.868      | 14.172     | 0.01         | -31.80       | -6.29        | G      | Cumple |
| N538/N492  | 67.18         | 3.060           | -158.863                      | -0.468     | 60.253     | 0.00         | -97.87       | 0.76         | GV     | Cumple |
| N539/N493  | 65.78         | 3.060           | -156.480                      | -0.344     | 58.992     | 0.00         | -96.08       | 0.50         | GV     | Cumple |
| N540/N494  | 67.64         | 3.060           | -158.384                      | -0.356     | 61.060     | 0.00         | -98.97       | 0.52         | GV     | Cumple |
| N541/N495  | 65.72         | 3.060           | -156.568                      | -0.348     | 58.900     | 0.00         | -95.96       | 0.51         | GV     | Cumple |
| N542/N496  | 67.61         | 3.060           | -158.186                      | -0.362     | 61.025     | 0.00         | -98.92       | 0.54         | GV     | Cumple |
| N543/N497  | 64.80         | 3.060           | -157.085                      | -0.227     | 57.983     | 0.01         | -94.70       | 0.25         | GV     | Cumple |
| N544/N498  | 29.78         | 3.060           | -217.138                      | -3.380     | 7.883      | 0.00         | -17.68       | 6.94         | G      | Cumple |
| N545/N546  | 14.77         | 0.280           | -2.322                        | 0.000      | 21.279     | 0.00         | -6.26        | 0.00         | G      | Cumple |
| N547/N546  | 75.83         | 0.000           | -0.404                        | 0.000      | 3.483      | 0.00         | 32.94        | 0.00         | G      | Cumple |
| N547/N548  | 77.07         | 0.250           | -2.353                        | 0.000      | 0.662      | 0.00         | -33.34       | 0.00         | G      | Cumple |
| N549/N548  | 73.81         | 2.753           | -4.873                        | 0.000      | -2.826     | 0.00         | 31.67        | 0.00         | G      | Cumple |
| N555/N549  | 5.32          | 0.000           | -26.529                       | 0.000      | 2.353      | 0.00         | 0.47         | 0.00         | G      | Cumple |
| N550/N551  | 14.76         | 0.280           | -2.402                        | 0.000      | -21.235    | 0.00         | 6.25         | 0.00         | G      | Cumple |
| N552/N551  | 75.87         | 0.000           | -0.480                        | 0.000      | -3.490     | 0.00         | -32.94       | 0.00         | G      | Cumple |
| N552/N553  | 77.08         | 0.250           | -2.420                        | 0.000      | -0.625     | 0.00         | 33.34        | 0.00         | G      | Cumple |
| N554/N553  | 73.76         | 2.753           | -4.956                        | 0.000      | 2.818      | 0.00         | -31.64       | 0.00         | G      | Cumple |
| N556/N554  | 5.35          | 0.000           | -26.566                       | 0.000      | -2.420     | 0.00         | -0.48        | 0.00         | G      | Cumple |
| N559/N558  | 69.11         | 0.500           | -0.642                        | 0.000      | -0.915     | 0.00         | -30.00       | 0.00         | G      | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N561/N560  | 4.18          | 0.000           | -24.338           | 0.000      | 0.642      | 0.00         | 0.13         | 0.00         | G      | Cumple |
| N560/N559  | 68.28         | 2.753           | -2.207            | 0.000      | 2.037      | 0.00         | -29.50       | 0.00         | G      | Cumple |
| N558/N557  | 66.09         | 0.000           | 2.264             | 0.000      | -4.271     | 0.00         | -28.58       | 0.00         | G      | Cumple |
| N566/N565  | 4.22          | 0.000           | -24.373           | 0.000      | -0.703     | 0.00         | -0.14        | 0.00         | G      | Cumple |
| N565/N564  | 68.25         | 2.753           | -2.285            | 0.000      | -2.032     | 0.00         | 29.48        | 0.00         | G      | Cumple |
| N564/N563  | 69.12         | 0.500           | -0.703            | 0.000      | 0.880      | 0.00         | 30.00        | 0.00         | G      | Cumple |
| N563/N562  | 66.11         | 0.000           | 2.196             | 0.000      | 4.276      | 0.00         | 28.59        | 0.00         | G      | Cumple |
| N567/N557  | 4.75          | 0.000           | -23.490           | 0.638      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.09         | G      | Cumple |
| N568/N550  | 7.47          | 0.000           | -23.433           | -2.413     | 0.000      | 0.00         | 0.00         | -0.34        | G      | Cumple |
| N570/N562  | 4.82          | 0.000           | -23.456           | 0.695      | 0.000      | 0.00         | 0.00         | 0.10         | G      | Cumple |
| N475/N356  | 31.90         | 0.000           | -100.843          | 5.589      | -40.895    | 0.00         | -24.46       | 5.70         | GV     | Cumple |
| N437/N436  | 44.71         | 0.000           | 42.598            | -0.019     | -59.636    | 0.01         | -88.59       | -0.02        | G      | Cumple |
| N436/N475  | 28.83         | 1.650           | -19.486           | -6.980     | 6.546      | 0.00         | 1.68         | 6.87         | GV     | Cumple |
| N364/N499  | 36.32         | 1.350           | -102.092          | -5.731     | 29.388     | 0.00         | -13.02       | 5.86         | GV     | Cumple |
| N499/N446  | 28.80         | 0.000           | -19.457           | 6.977      | -6.560     | 0.00         | 1.63         | 6.87         | GV     | Cumple |
| N446/N444  | 44.69         | 4.000           | 42.549            | -0.003     | 59.587     | -0.01        | -88.50       | 0.03         | G      | Cumple |
| N478/N349  | 31.45         | 0.000           | -61.053           | -6.047     | -45.999    | 0.00         | -25.28       | -6.34        | GV     | Cumple |
| N426/N427  | 36.40         | 0.000           | 56.875            | 0.230      | -55.151    | 0.00         | -67.56       | 0.34         | G      | Cumple |
| N427/N478  | 35.91         | 1.650           | -27.106           | 8.561      | 2.199      | 0.00         | 2.60         | -8.43        | GV     | Cumple |
| N371/N506  | 31.15         | 1.350           | -61.050           | 6.022      | 45.670     | 0.00         | -24.81       | -6.31        | GV     | Cumple |
| N506/N428  | 36.10         | 0.000           | -26.953           | -8.508     | -1.019     | 0.00         | 3.32         | -8.38        | GV     | Cumple |
| N428/N425  | 36.30         | 4.000           | 56.944            | -0.222     | 55.069     | 0.00         | -67.46       | 0.32         | G      | Cumple |
| N569/N545  | 7.39          | 0.000           | -23.469           | -2.349     | 0.000      | 0.00         | 0.00         | -0.33        | G      | Cumple |
| N468/N346  | 21.07         | 5.203           | -64.958           | -0.152     | 13.318     | 0.00         | -8.33        | 0.40         | GV     | Cumple |
| N457/N468  | 31.16         | 1.450           | -17.288           | -1.618     | 54.047     | 0.01         | -56.01       | 1.42         | G      | Cumple |
| N498/N461  | 31.33         | 0.000           | -17.315           | 1.643      | -54.084    | -0.01        | -56.03       | 1.48         | G      | Cumple |
| N362/N498  | 21.05         | 0.347           | -64.903           | 0.150      | -13.321    | 0.00         | -8.34        | 0.40         | GV     | Cumple |
| N444/N442  | 28.18         | 0.000           | 26.161            | -0.067     | -69.175    | 0.00         | -119.84      | -0.21        | G      | Cumple |
| N442/N430  | 14.50         | 1.875           | 26.240            | 0.026      | -2.122     | 0.00         | 60.06        | 0.01         | G      | Cumple |
| N430/N440  | 8.75          | 5.000           | 26.290            | -0.067     | 44.513     | 0.00         | -32.88       | 0.25         | G      | Cumple |
| N440/N439  | 8.75          | 0.000           | 26.301            | 0.067      | -44.514    | 0.00         | -32.88       | 0.25         | G      | Cumple |
| N439/N438  | 14.50         | 3.125           | 26.271            | -0.028     | 2.122      | 0.00         | 60.07        | 0.01         | G      | Cumple |
| N438/N437  | 28.16         | 4.000           | 26.208            | 0.065      | 69.176     | 0.00         | -119.83      | -0.19        | G      | Cumple |
| N425/N424  | 25.99         | 0.000           | 40.659            | 0.274      | -68.053    | -0.01        | -102.35      | 1.05         | G      | Cumple |
| N424/N423  | 18.25         | 2.188           | 41.016            | 0.065      | 2.837      | 0.00         | 73.10        | -0.19        | G      | Cumple |
| N423/N422  | 11.60         | 2.188           | 41.410            | 0.043      | -0.818     | 0.00         | 41.69        | -0.46        | G      | Cumple |
| N422/N421  | 11.59         | 2.813           | 41.410            | -0.043     | 0.818      | 0.00         | 41.69        | -0.46        | G      | Cumple |
| N421/N420  | 18.26         | 2.813           | 41.015            | -0.060     | -2.833     | 0.00         | 73.09        | -0.20        | G      | Cumple |
| N420/N426  | 26.03         | 4.000           | 40.655            | -0.286     | 68.054     | 0.01         | -102.37      | 1.08         | G      | Cumple |
| N333/N221  | 19.10         | 3.000           | -154.990          | 0.002      | 1.049      | 0.00         | -0.68        | -0.01        | GV     | Cumple |
| N221/N223  | 26.44         | 3.000           | -184.448          | 0.308      | 1.173      | 0.00         | -2.94        | -1.85        | GV     | Cumple |
| N223/N225  | 54.73         | 0.000           | -415.816          | -0.127     | -0.540     | 0.00         | -2.94        | -1.85        | GV     | Cumple |
| N225/N227  | 71.41         | 0.000           | -557.946          | -0.127     | -0.426     | 0.00         | -2.78        | -1.47        | GV     | Cumple |
| N227/N229  | 80.16         | 0.000           | -633.732          | -0.159     | -0.520     | 0.00         | -2.97        | -1.09        | GV     | Cumple |
| N229/N231  | 82.50         | 0.000           | -660.181          | -0.159     | -0.302     | 0.00         | -2.87        | -0.61        | GV     | Cumple |
| N231/N233  | 80.63         | 0.000           | -646.733          | 0.000      | -1.654     | 0.00         | -3.41        | -0.22        | GV     | Cumple |
| N233/N244  | 80.63         | 3.000           | -646.730          | 0.000      | 1.654      | 0.00         | -3.41        | -0.22        | GV     | Cumple |
| N244/N242  | 82.50         | 3.000           | -660.174          | 0.158      | 0.302      | 0.00         | -2.87        | -0.61        | GV     | Cumple |
| N242/N240  | 80.15         | 3.000           | -633.720          | 0.158      | 0.520      | 0.00         | -2.97        | -1.08        | GV     | Cumple |
| N240/N238  | 71.41         | 3.000           | -557.926          | 0.128      | 0.426      | 0.00         | -2.78        | -1.47        | GV     | Cumple |
| N238/N236  | 54.74         | 3.000           | -415.786          | 0.128      | 0.540      | 0.00         | -2.94        | -1.85        | GV     | Cumple |
| N236/N234  | 26.44         | 0.000           | -184.430          | -0.309     | -1.173     | 0.00         | -2.94        | -1.85        | GV     | Cumple |
| N234/N336  | 15.37         | 0.000           | 185.733           | -0.309     | -0.780     | 0.00         | -0.88        | -0.93        | GV     | Cumple |
| N219/N235  | 35.14         | 3.014           | 311.371           | -0.045     | -25.717    | 0.00         | 11.60        | 0.14         | GV     | Cumple |
| N235/N237  | 52.28         | 0.000           | 548.418           | -0.045     | 23.046     | 0.00         | 11.60        | 0.14         | GV     | Cumple |
| N237/N239  | 60.84         | 3.014           | 696.204           | -0.341     | -22.003    | 0.00         | 8.46         | 1.30         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N239/N241  | 67.32         | 3.014           | 777.015           | -0.341     | -21.722    | 0.00         | 8.02         | 2.33         | GV     | Cumple |
| N241/N243  | 69.54         | 0.000           | 807.716           | 0.386      | 21.620     | 0.00         | 8.02         | 2.33         | GV     | Cumple |
| N243/N245  | 68.53         | 0.000           | 799.939           | 0.386      | 22.512     | 0.00         | 8.77         | 1.16         | GV     | Cumple |
| N245/N220  | 69.92         | 3.014           | 765.486           | 0.000      | -24.097    | 0.00         | 13.54        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N249/N265  | 30.04         | 3.014           | 243.314           | -0.206     | -23.744    | 0.00         | 10.96        | 0.62         | GV     | Cumple |
| N265/N267  | 43.74         | 0.000           | 432.681           | 0.042      | 21.285     | 0.00         | 10.96        | 0.62         | GV     | Cumple |
| N267/N326  | 47.50         | 0.000           | 539.168           | -0.172     | 19.116     | 0.00         | 7.41         | 0.50         | GV     | Cumple |
| N326/N269  | 49.71         | 2.009           | 556.086           | -0.377     | -18.858    | 0.00         | 7.41         | 1.43         | GV     | Cumple |
| N269/N325  | 53.55         | 0.000           | 609.070           | -0.377     | 18.864     | 0.00         | 7.41         | 1.43         | GV     | Cumple |
| N325/N271  | 55.47         | 1.005           | 625.835           | 4.386      | -18.707    | 0.00         | 7.30         | -2.19        | GV     | Cumple |
| N271/N273  | 58.14         | 3.014           | 646.755           | -1.687     | -19.030    | 0.00         | 7.67         | 2.89         | GV     | Cumple |
| N273/N324  | 57.30         | 0.000           | 635.154           | -1.687     | 19.222     | 0.00         | 7.67         | 2.89         | GV     | Cumple |
| N324/N275  | 59.29         | 0.402           | 662.484           | 2.623      | 1.816      | 0.00         | -7.05        | 3.53         | GV     | Cumple |
| N275/N250  | 58.23         | 3.014           | 633.085           | -0.226     | -20.677    | 0.00         | 11.58        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N189/N205  | 33.79         | 1.318           | -276.400          | 0.081      | 0.756      | 0.00         | 8.68         | -0.11        | GV     | Cumple |
| N205/N207  | 47.18         | 0.000           | 488.290           | -0.076     | 21.321     | 0.00         | 10.81        | 0.23         | GV     | Cumple |
| N207/N209  | 54.49         | 3.014           | 621.464           | -0.168     | -20.360    | 0.00         | 7.92         | 0.96         | GV     | Cumple |
| N209/N211  | 59.86         | 3.014           | 693.478           | -0.168     | -20.137    | 0.00         | 7.56         | 1.47         | GV     | Cumple |
| N211/N213  | 61.91         | 0.000           | 721.852           | 0.244      | 20.050     | 0.00         | 7.56         | 1.47         | GV     | Cumple |
| N213/N215  | 61.28         | 0.000           | 714.843           | 0.244      | 20.812     | 0.00         | 8.18         | 0.73         | GV     | Cumple |
| N215/N190  | 62.85         | 3.014           | 684.674           | 0.000      | -22.215    | 0.00         | 12.41        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N332/N191  | 19.39         | 3.000           | -157.235          | -0.009     | 1.049      | 0.00         | -0.68        | 0.03         | GV     | Cumple |
| N191/N193  | 22.55         | 3.000           | -157.287          | 0.263      | 1.069      | 0.00         | -2.58        | -1.58        | GV     | Cumple |
| N193/N195  | 47.56         | 0.000           | -362.255          | -0.069     | -0.503     | 0.00         | -2.58        | -1.58        | GV     | Cumple |
| N195/N197  | 62.82         | 0.000           | -490.149          | -0.069     | -0.460     | 0.00         | -2.53        | -1.37        | GV     | Cumple |
| N197/N199  | 71.83         | 3.000           | -557.503          | 0.225      | 0.490      | 0.00         | -2.62        | -1.84        | GV     | Cumple |
| N199/N201  | 76.20         | 3.000           | -581.943          | 0.225      | 0.624      | 0.00         | -3.03        | -2.52        | GV     | Cumple |
| N201/N203  | 74.80         | 0.000           | -570.577          | 0.000      | -1.496     | 0.00         | -3.03        | -2.52        | GV     | Cumple |
| N203/N214  | 74.80         | 3.000           | -570.579          | 0.000      | 1.495      | 0.00         | -3.03        | -2.52        | GV     | Cumple |
| N214/N212  | 76.20         | 0.000           | -581.948          | -0.225     | -0.624     | 0.00         | -3.03        | -2.52        | GV     | Cumple |
| N212/N210  | 71.83         | 0.000           | -557.512          | -0.225     | -0.490     | 0.00         | -2.62        | -1.84        | GV     | Cumple |
| N210/N208  | 62.82         | 3.000           | -490.163          | 0.069      | 0.460      | 0.00         | -2.53        | -1.37        | GV     | Cumple |
| N208/N206  | 47.57         | 3.000           | -362.277          | 0.069      | 0.503      | 0.00         | -2.58        | -1.58        | GV     | Cumple |
| N206/N204  | 22.55         | 0.000           | -157.298          | -0.263     | -1.069     | 0.00         | -2.58        | -1.58        | GV     | Cumple |
| N204/N337  | 14.28         | 0.000           | 173.442           | -0.263     | -0.763     | 0.00         | -0.83        | -0.79        | GV     | Cumple |
| N129/N145  | 33.74         | 1.318           | -276.332          | 0.033      | 0.756      | 0.00         | 8.68         | -0.04        | GV     | Cumple |
| N145/N147  | 45.83         | 0.000           | 475.336           | -0.045     | 20.792     | 0.00         | 10.52        | 0.13         | GV     | Cumple |
| N147/N149  | 52.90         | 3.014           | 605.297           | -0.171     | -19.858    | 0.00         | 7.70         | 0.78         | GV     | Cumple |
| N149/N151  | 58.17         | 3.014           | 675.630           | -0.171     | -19.646    | 0.00         | 7.36         | 1.30         | GV     | Cumple |
| N151/N153  | 60.18         | 0.000           | 703.422           | 0.215      | 19.557     | 0.00         | 7.36         | 1.30         | GV     | Cumple |
| N153/N155  | 59.65         | 0.000           | 696.722           | 0.215      | 20.307     | 0.00         | 7.97         | 0.65         | GV     | Cumple |
| N155/N130  | 61.28         | 3.014           | 667.351           | 0.000      | -21.681    | 0.00         | 12.11        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N330/N131  | 19.36         | 3.000           | -157.238          | 0.002      | 1.049      | 0.00         | -0.68        | -0.01        | GV     | Cumple |
| N131/N133  | 23.14         | 3.000           | -164.360          | 0.231      | 1.047      | 0.00         | -2.53        | -1.38        | GV     | Cumple |
| N133/N135  | 47.45         | 0.000           | -363.877          | -0.086     | -0.501     | 0.00         | -2.53        | -1.38        | GV     | Cumple |
| N135/N137  | 62.24         | 0.000           | -488.662          | -0.086     | -0.460     | 0.00         | -2.49        | -1.13        | GV     | Cumple |
| N137/N139  | 71.31         | 3.000           | -554.436          | 0.300      | 0.487      | 0.00         | -2.57        | -1.77        | GV     | Cumple |
| N139/N141  | 75.97         | 3.000           | -578.390          | 0.300      | 0.624      | 0.00         | -2.98        | -2.67        | GV     | Cumple |
| N141/N143  | 74.62         | 0.000           | -567.427          | 0.000      | -1.478     | 0.00         | -2.98        | -2.67        | GV     | Cumple |
| N143/N154  | 74.62         | 3.000           | -567.430          | 0.000      | 1.478      | 0.00         | -2.98        | -2.67        | GV     | Cumple |
| N154/N152  | 75.97         | 0.000           | -578.396          | -0.300     | -0.624     | 0.00         | -2.98        | -2.67        | GV     | Cumple |
| N152/N150  | 71.31         | 0.000           | -554.446          | -0.300     | -0.487     | 0.00         | -2.57        | -1.77        | GV     | Cumple |
| N150/N148  | 62.24         | 3.000           | -488.676          | 0.086      | 0.460      | 0.00         | -2.49        | -1.13        | GV     | Cumple |
| N148/N146  | 47.46         | 3.000           | -363.897          | 0.086      | 0.501      | 0.00         | -2.53        | -1.39        | GV     | Cumple |
| N146/N144  | 23.15         | 0.000           | -164.369          | -0.231     | -1.048     | 0.00         | -2.53        | -1.39        | GV     | Cumple |
| N144/N339  | 14.24         | 0.000           | -157.221          | -0.002     | -1.049     | 0.00         | -0.68        | -0.01        | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N99/N115   | 32.58         | 1.318           | -263.742          | 0.011      | 0.776      | 0.00         | 8.65         | -0.01        | GV     | Cumple |
| N115/N117  | 47.02         | 0.000           | 493.429           | 0.031      | 20.822     | 0.00         | 10.45        | -0.09        | GV     | Cumple |
| N117/N119  | 54.29         | 3.014           | 625.852           | -0.315     | -19.887    | 0.00         | 7.64         | 0.76         | GV     | Cumple |
| N119/N121  | 60.11         | 3.014           | 698.100           | -0.315     | -19.626    | 0.00         | 7.24         | 1.71         | GV     | Cumple |
| N121/N123  | 62.08         | 0.000           | 725.364           | 0.283      | 19.532     | 0.00         | 7.24         | 1.71         | GV     | Cumple |
| N123/N125  | 61.37         | 0.000           | 718.137           | 0.283      | 20.339     | 0.00         | 7.92         | 0.86         | GV     | Cumple |
| N125/N100  | 62.85         | 3.014           | 687.341           | 0.000      | -21.769    | 0.00         | 12.23        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N329/N101  | 19.10         | 3.000           | -155.022          | -0.003     | 1.049      | 0.00         | -0.68        | 0.01         | GV     | Cumple |
| N101/N103  | 25.35         | 3.000           | -179.874          | 0.257      | 1.103      | 0.00         | -2.70        | -1.55        | GV     | Cumple |
| N103/N105  | 50.75         | 0.000           | -388.012          | -0.155     | -0.540     | 0.00         | -2.70        | -1.55        | GV     | Cumple |
| N105/N107  | 65.44         | 0.000           | -515.240          | -0.155     | -0.434     | 0.00         | -2.55        | -1.08        | GV     | Cumple |
| N107/N109  | 73.37         | 3.000           | -582.906          | 0.081      | 0.461      | 0.00         | -2.63        | -0.86        | GV     | Cumple |
| N109/N111  | 76.95         | 3.000           | -606.329          | 0.081      | 0.647      | 0.00         | -3.10        | -1.10        | GV     | Cumple |
| N111/N113  | 75.55         | 0.000           | -594.828          | 0.000      | -1.540     | 0.00         | -3.10        | -1.10        | GV     | Cumple |
| N113/N124  | 75.55         | 3.000           | -594.825          | 0.000      | 1.540      | 0.00         | -3.10        | -1.10        | GV     | Cumple |
| N124/N122  | 76.95         | 0.000           | -606.321          | -0.081     | -0.647     | 0.00         | -3.10        | -1.10        | GV     | Cumple |
| N122/N120  | 73.36         | 0.000           | -582.892          | -0.081     | -0.461     | 0.00         | -2.63        | -0.86        | GV     | Cumple |
| N120/N118  | 65.44         | 3.000           | -515.220          | 0.156      | 0.434      | 0.00         | -2.55        | -1.08        | GV     | Cumple |
| N118/N116  | 50.75         | 3.000           | -387.986          | 0.156      | 0.540      | 0.00         | -2.70        | -1.55        | GV     | Cumple |
| N116/N114  | 25.36         | 0.000           | -179.857          | -0.258     | -1.103     | 0.00         | -2.70        | -1.55        | GV     | Cumple |
| N114/N340  | 14.05         | 0.000           | -154.997          | 0.003      | -1.049     | 0.00         | -0.68        | 0.01         | GV     | Cumple |
| N69/N85  | 33.71         | 1.318           | -276.194          | -0.014     | 0.756      | 0.00         | 8.68         | 0.02         | GV     | Cumple |
| N85/N87  | 45.70         | 0.000           | 475.351           | -0.012     | 20.788     | 0.00         | 10.50        | 0.04         | GV     | Cumple |
| N87/N89  | 52.73         | 3.014           | 605.570           | -0.182     | -19.854    | 0.00         | 7.69         | 0.62         | GV     | Cumple |
| N89/N91  | 58.06         | 3.014           | 676.116           | -0.182     | -19.647    | 0.00         | 7.35         | 1.17         | GV     | Cumple |
| N91/N93  | 60.14         | 3.014           | 704.524           | 0.194      | -19.959    | 0.00         | 7.96         | 0.58         | GV     | Cumple |
| N93/N95  | 59.62         | 0.000           | 697.448           | 0.194      | 20.310     | 0.00         | 7.96         | 0.58         | GV     | Cumple |
| N95/N70  | 61.35         | 3.014           | 668.038           | 0.000      | -21.692    | 0.00         | 12.12        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N328/N71   | 19.39         | 3.000           | -157.164          | 0.011      | 1.048      | 0.00         | -0.68        | -0.03        | GV     | Cumple |
| N71/N73  | 23.78         | 3.000           | -171.687          | 0.194      | 1.044      | 0.00         | -2.54        | -1.17        | GV     | Cumple |
| N73/N75  | 48.04         | 0.000           | -371.184          | -0.099     | -0.500     | 0.00         | -2.54        | -1.17        | GV     | Cumple |
| N75/N77  | 62.78         | 0.000           | -496.223          | -0.099     | -0.458     | 0.00         | -2.50        | -0.87        | GV     | Cumple |
| N77/N79  | 72.09         | 3.000           | -562.209          | 0.362      | 0.484      | 0.00         | -2.58        | -1.66        | GV     | Cumple |
| N79/N81  | 77.08         | 3.000           | -586.298          | 0.362      | 0.628      | 0.00         | -3.00        | -2.75        | GV     | Cumple |
| N81/N83  | 75.74         | 0.000           | -575.439          | 0.000      | -1.487     | 0.00         | -3.00        | -2.75        | GV     | Cumple |
| N83/N94  | 75.74         | 3.000           | -575.441          | 0.000      | 1.487      | 0.00         | -3.00        | -2.75        | GV     | Cumple |
| N94/N92  | 77.08         | 0.000           | -586.304          | -0.362     | -0.628     | 0.00         | -3.00        | -2.75        | GV     | Cumple |
| N92/N90  | 72.09         | 0.000           | -562.219          | -0.362     | -0.484     | 0.00         | -2.58        | -1.66        | GV     | Cumple |
| N90/N88  | 62.78         | 3.000           | -496.236          | 0.099      | 0.458      | 0.00         | -2.50        | -0.87        | GV     | Cumple |
| N88/N86  | 48.05         | 3.000           | -371.203          | 0.099      | 0.500      | 0.00         | -2.54        | -1.17        | GV     | Cumple |
| N86/N84  | 23.78         | 0.000           | -171.695          | -0.195     | -1.044     | 0.00         | -2.54        | -1.17        | GV     | Cumple |
| N84/N341   | 14.25         | 0.000           | -157.172          | -0.011     | -1.048     | 0.00         | -0.68        | -0.03        | GV     | Cumple |
| N39/N55  | 24.23         | 3.014           | -194.130          | -0.009     | 15.006     | 0.00         | -6.69        | 0.03         | GV     | Cumple |
| N55/N57  | 35.20         | 0.000           | 366.343           | 0.094      | 15.514     | 0.00         | 7.81         | -0.28        | GV     | Cumple |
| N57/N59  | 40.36         | 3.014           | 463.439           | -0.387     | -14.836    | 0.00         | 5.77         | 0.60         | GV     | Cumple |
| N59/N61  | 44.99         | 3.014           | 516.423           | -0.387     | -14.555    | 0.00         | 5.34         | 1.77         | GV     | Cumple |
| N61/N63  | 46.41         | 0.000           | 536.082           | 0.293      | 14.492     | 0.00         | 5.34         | 1.77         | GV     | Cumple |
| N63/N65  | 45.73         | 0.000           | 530.632           | 0.293      | 15.154     | 0.00         | 5.96         | 0.88         | GV     | Cumple |
| N65/N40  | 46.51         | 3.014           | 507.790           | 0.000      | -16.198    | 0.00         | 9.10         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N327/N41   | 14.50         | 3.000           | -116.857          | -0.016     | 1.019      | 0.00         | -0.59        | 0.05         | GV     | Cumple |
| N41/N43  | 18.61         | 3.000           | -127.963          | 0.257      | 0.959      | 0.00         | -2.09        | -1.54        | GV     | Cumple |
| N43/N45  | 37.55         | 0.000           | -283.350          | -0.217     | -0.535     | 0.00         | -2.09        | -1.54        | GV     | Cumple |
| N45/N47  | 47.90         | 0.000           | -376.550          | -0.217     | -0.470     | 0.00         | -1.95        | -0.90        | GV     | Cumple |
| N47/N49  | 53.45         | 3.000           | -426.096          | 0.093      | 0.506      | 0.00         | -2.06        | -0.53        | GV     | Cumple |
| N49/N51  | 56.06         | 3.000           | -442.906          | 0.093      | 0.566      | 0.00         | -2.29        | -0.81        | GV     | Cumple |
| N51/N53  | 55.01         | 0.000           | -434.242          | 0.000      | -1.220     | 0.00         | -2.29        | -0.81        | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N53/N64  | 55.01         | 3.000           | -434.237          | 0.000      | 1.220      | 0.00         | -2.29        | -0.81        | GV     | Cumple |
| N64/N62  | 56.06         | 0.000           | -442.894          | -0.094     | -0.566     | 0.00         | -2.29        | -0.81        | GV     | Cumple |
| N62/N60  | 53.45         | 0.000           | -426.075          | -0.094     | -0.506     | 0.00         | -2.06        | -0.53        | GV     | Cumple |
| N60/N58  | 47.90         | 3.000           | -376.523          | 0.217      | 0.470      | 0.00         | -1.95        | -0.90        | GV     | Cumple |
| N58/N56  | 37.55         | 3.000           | -283.314          | 0.217      | 0.535      | 0.00         | -2.09        | -1.55        | GV     | Cumple |
| N56/N54  | 18.61         | 0.000           | -127.942          | -0.258     | -0.958     | 0.00         | -2.09        | -1.55        | GV     | Cumple |
| N54/N342   | 10.70         | 0.000           | -116.857          | 0.016      | -1.019     | 0.00         | -0.59        | 0.05         | GV     | Cumple |
| N344/N11   | 7.78          | 3.000           | -61.770           | -0.011     | 0.983      | 0.00         | -0.48        | 0.03         | GV     | Cumple |
| N11/N13  | 13.19         | 3.000           | -92.285           | 0.199      | 0.653      | 0.00         | -1.08        | -1.19        | GV     | Cumple |
| N13/N15  | 25.53         | 0.000           | -193.879          | -0.203     | -0.446     | 0.00         | -1.08        | -1.19        | GV     | Cumple |
| N15/N17  | 33.22         | 0.000           | -263.074          | -0.199     | -0.568     | 0.00         | -1.20        | -0.58        | GV     | Cumple |
| N17/N19  | 38.44         | 3.000           | -303.114          | 0.298      | 0.570      | 0.00         | -1.19        | -0.87        | GV     | Cumple |
| N19/N21  | 42.69         | 3.000           | -328.290          | 0.298      | 0.475      | 0.00         | -1.15        | -1.76        | GV     | Cumple |
| N21/N23  | 43.58         | 0.000           | -335.565          | 0.000      | -0.721     | 0.00         | -1.15        | -1.76        | GV     | Cumple |
| N23/N34  | 43.58         | 3.000           | -335.563          | 0.000      | 0.721      | 0.00         | -1.15        | -1.77        | GV     | Cumple |
| N34/N32  | 42.69         | 0.000           | -328.288          | -0.298     | -0.475     | 0.00         | -1.15        | -1.77        | GV     | Cumple |
| N32/N30  | 38.44         | 0.000           | -303.113          | -0.298     | -0.570     | 0.00         | -1.19        | -0.87        | GV     | Cumple |
| N30/N28  | 33.22         | 3.000           | -263.077          | 0.200      | 0.569      | 0.00         | -1.20        | -0.59        | GV     | Cumple |
| N28/N26  | 25.54         | 3.000           | -193.889          | 0.204      | 0.446      | 0.00         | -1.08        | -1.20        | GV     | Cumple |
| N26/N24  | 13.19         | 0.000           | -92.296           | -0.200     | -0.653     | 0.00         | -1.08        | -1.20        | GV     | Cumple |
| N24/N343   | 6.18          | 0.000           | 67.949            | -0.198     | -0.682     | 0.00         | -0.58        | -0.59        | GV     | Cumple |
| N9/N25   | 18.74         | 3.014           | -128.415          | -1.270     | 10.342     | 0.00         | -4.65        | 3.83         | GV     | Cumple |
| N25/N27  | 26.04         | 3.014           | -198.295          | 3.319      | 8.331      | 0.00         | -3.24        | -6.13        | GV     | Cumple |
| N27/N320   | 27.25         | 0.000           | -237.399          | -8.759     | -8.849     | 0.00         | -3.24        | -6.13        | GV     | Cumple |
| N320/N29   | 23.93         | 2.009           | -228.037          | -0.190     | 9.149      | 0.00         | -3.89        | 3.03         | GV     | Cumple |
| N29/N316   | 24.81         | 0.000           | -240.211          | -0.190     | -9.086     | 0.00         | -3.89        | 3.03         | GV     | Cumple |
| N316/N31   | 29.43         | 1.005           | -229.282          | 11.932     | 8.913      | 0.00         | -3.44        | -8.51        | GV     | Cumple |
| N31/N33  | 31.86         | 0.000           | -234.848          | -4.146     | -8.711     | 0.00         | -3.43        | -8.32        | GV     | Cumple |
| N33/N315   | 28.14         | 1.005           | 264.718           | 2.508      | 2.999      | 0.00         | -2.18        | -6.18        | GV     | Cumple |
| N315/N35   | 30.47         | 0.000           | 297.013           | -4.813     | 3.238      | 0.00         | -2.18        | -6.18        | GV     | Cumple |
| N35/N10  | 28.74         | 0.000           | -200.943          | -2.669     | -8.904     | 0.00         | -3.72        | -8.04        | GV     | Cumple |
| N334/N251  | 12.53         | 3.000           | 148.770           | 0.273      | 0.762      | 0.00         | -0.82        | -0.82        | GV     | Cumple |
| N251/N253  | 19.81         | 3.000           | -135.681          | 0.273      | 0.984      | 0.00         | -2.31        | -1.64        | GV     | Cumple |
| N253/N255  | 40.63         | 0.000           | -306.312          | 0.000      | -0.490     | 0.00         | -2.31        | -1.64        | GV     | Cumple |
| N255/N257  | 38.90         | 0.000           | -408.365          | 0.000      | -0.535     | 0.00         | -2.30        | -1.64        | GV     | Cumple |
| N257/N259  | 60.30         | 3.000           | -457.533          | 0.260      | 0.568      | 0.00         | -2.40        | -2.41        | GV     | Cumple |
| N259/N261  | 46.43         | 3.000           | -474.862          | 0.260      | 0.553      | 0.00         | -2.60        | -3.19        | GV     | Cumple |
| N261/N263  | 61.91         | 0.000           | -460.048          | 0.000      | -1.337     | 0.00         | -2.60        | -3.19        | GV     | Cumple |
| N263/N274  | 61.91         | 3.000           | -460.043          | 0.000      | 1.337      | 0.00         | -2.60        | -3.19        | GV     | Cumple |
| N274/N272  | 46.43         | 0.000           | -474.852          | -0.260     | -0.553     | 0.00         | -2.60        | -3.19        | GV     | Cumple |
| N272/N270  | 60.30         | 0.000           | -457.519          | -0.260     | -0.568     | 0.00         | -2.40        | -2.41        | GV     | Cumple |
| N270/N268  | 38.90         | 3.000           | -408.350          | 0.001      | 0.535      | 0.00         | -2.30        | -1.64        | GV     | Cumple |
| N268/N266  | 40.64         | 3.000           | -306.299          | 0.001      | 0.490      | 0.00         | -2.31        | -1.64        | GV     | Cumple |
| N266/N264  | 19.81         | 0.000           | -135.673          | -0.273     | -0.984     | 0.00         | -2.31        | -1.64        | GV     | Cumple |
| N264/N335  | 12.53         | 0.000           | 148.770           | -0.273     | -0.762     | 0.00         | -0.82        | -0.82        | GV     | Cumple |
| N176/N571  | 9.34          | 0.200           | 22.890            | 0.000      | -0.295     | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N571/N147  | 21.61         | 3.164           | -8.409            | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N572/N151  | 30.46         | 3.287           | -13.651           | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N180/N572  | 10.66         | 0.200           | 27.487            | 0.000      | -0.308     | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N573/N155  | 23.82         | 3.428           | -10.680           | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N184/N573  | 8.08          | 0.200           | 21.549            | 0.000      | -0.324     | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N156/N368  | 27.44         | 0.000           | 249.214           | -3.346     | -22.456    | 0.00         | -40.41       | -10.07       | GV     | Cumple |
| N368/N581  | 48.37         | 3.190           | -140.737          | -0.089     | -67.574    | 0.00         | 125.37       | -0.22        | GV     | Cumple |
| N581/N331  | 56.06         | 0.500           | -139.260          | -0.089     | -68.637    | 0.00         | 159.42       | -0.18        | GV     | Cumple |
| N331/N157  | 53.99         | 0.000           | -138.656          | -0.089     | 81.838     | 0.00         | 159.42       | -0.18        | GV     | Cumple |
| N331/N161  | 18.53         | 3.000           | -150.475          | 0.000      | 1.042      | 0.00         | -0.66        | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN·m) | My<br>(kN·m) | Mz<br>(kN·m) |        |        |
| N161/N163  | 23.62         | 3.000           | -164.418          | 0.281      | 1.103      | 0.00         | -2.67        | -1.69        | GV     | Cumple |
| N163/N165  | 48.99         | 0.000           | -372.184          | -0.138     | -0.537     | 0.00         | -2.67        | -1.69        | GV     | Cumple |
| N165/N167  | 63.79         | 0.000           | -499.393          | -0.138     | -0.435     | 0.00         | -2.53        | -1.27        | GV     | Cumple |
| N167/N578  | 71.48         | 0.000           | -567.046          | -0.024     | -0.513     | 0.00         | -2.69        | -0.86        | GV     | Cumple |
| N157/N162  | 31.80         | 3.014           | 283.406           | 0.010      | -23.238    | 0.00         | 10.49        | -0.03        | GV     | Cumple |
| N162/N164  | 47.20         | 0.000           | 496.309           | 0.010      | 20.824     | 0.00         | 10.49        | -0.03        | GV     | Cumple |
| N164/N166  | 54.80         | 3.014           | 628.706           | 0.317      | -19.886    | 0.00         | 7.66         | -1.02        | GV     | Cumple |
| N166/N168  | 60.61         | 3.014           | 700.934           | 0.317      | -19.624    | 0.00         | 7.26         | -1.97        | GV     | Cumple |
| N168/N579  | 62.58         | 0.000           | 728.141           | -0.327     | 19.531     | 0.00         | 7.26         | -1.97        | GV     | Cumple |
| N579/N170  | 62.29         | 1.005           | 728.622           | -0.327     | -19.984    | 0.00         | 7.94         | -0.99        | GV     | Cumple |
| N170/N172  | 61.73         | 0.000           | 720.868           | -0.327     | 20.340     | 0.00         | 7.94         | -0.99        | GV     | Cumple |
| N172/N160  | 63.04         | 3.014           | 689.864           | 0.000      | -21.763    | 0.00         | 12.23        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N169/N580  | 9.28          | 1.448           | 55.209            | 0.000      | -0.137     | 0.00         | 0.40         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N580/N168  | 9.46          | 0.828           | 55.373            | 0.000      | 0.020      | 0.00         | 0.45         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N578/N169  | 71.31         | 1.000           | -567.046          | -0.024     | 0.463      | 0.00         | -2.61        | -0.78        | GV     | Cumple |
| N169/N171  | 74.37         | 3.000           | -590.418          | -0.024     | 0.646      | 0.00         | -3.09        | -0.71        | GV     | Cumple |
| N171/N173  | 72.97         | 0.000           | -578.876          | 0.000      | -1.532     | 0.00         | -3.09        | -0.71        | GV     | Cumple |
| N173/N184  | 72.97         | 3.000           | -578.872          | 0.000      | 1.532      | 0.00         | -3.09        | -0.71        | GV     | Cumple |
| N184/N182  | 74.37         | 0.000           | -590.410          | 0.023      | -0.646     | 0.00         | -3.09        | -0.71        | GV     | Cumple |
| N182/N575  | 71.31         | 0.000           | -567.033          | 0.023      | -0.463     | 0.00         | -2.61        | -0.78        | GV     | Cumple |
| N575/N180  | 71.48         | 2.000           | -567.033          | 0.023      | 0.513      | 0.00         | -2.69        | -0.86        | GV     | Cumple |
| N180/N178  | 63.79         | 3.000           | -499.373          | 0.139      | 0.435      | 0.00         | -2.53        | -1.27        | GV     | Cumple |
| N178/N176  | 48.99         | 3.000           | -372.156          | 0.139      | 0.537      | 0.00         | -2.67        | -1.69        | GV     | Cumple |
| N176/N174  | 23.62         | 0.000           | -164.400          | -0.282     | -1.103     | 0.00         | -2.67        | -1.69        | GV     | Cumple |
| N174/N338  | 13.96         | 0.000           | 168.259           | -0.282     | -0.762     | 0.00         | -0.82        | -0.85        | GV     | Cumple |
| N577/N181  | 9.46          | 0.828           | 55.376            | 0.000      | 0.020      | 0.00         | 0.45         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N182/N577  | 9.28          | 1.448           | 55.211            | 0.000      | -0.137     | 0.00         | 0.40         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N159/N175  | 32.70         | 1.318           | -264.763          | 0.033      | 0.773      | 0.00         | 8.66         | -0.04        | GV     | Cumple |
| N175/N177  | 47.20         | 0.000           | 496.281           | -0.010     | 20.824     | 0.00         | 10.49        | 0.03         | GV     | Cumple |
| N177/N179  | 54.80         | 3.014           | 628.686           | -0.317     | -19.886    | 0.00         | 7.66         | 1.02         | GV     | Cumple |
| N179/N181  | 60.61         | 3.014           | 700.921           | -0.317     | -19.624    | 0.00         | 7.26         | 1.97         | GV     | Cumple |
| N181/N576  | 62.58         | 0.000           | 728.133           | 0.327      | 19.531     | 0.00         | 7.26         | 1.97         | GV     | Cumple |
| N576/N183  | 62.29         | 1.005           | 728.614           | 0.327      | -19.984    | 0.00         | 7.94         | 0.99         | GV     | Cumple |
| N183/N185  | 61.73         | 0.000           | 720.865           | 0.327      | 20.340     | 0.00         | 7.94         | 0.99         | GV     | Cumple |
| N185/N160  | 63.04         | 3.014           | 689.864           | 0.000      | -21.763    | 0.00         | 12.23        | 0.00         | GV     | Cumple |
| N133/N602  | 16.77         | 3.164           | -5.853            | 0.000      | -0.010     | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N602/N164  | 5.94          | 0.000           | 13.899            | 0.000      | 0.295      | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N193/N601  | 16.76         | 3.164           | -5.849            | 0.000      | -0.010     | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N601/N164  | 5.93          | 0.000           | 13.877            | 0.000      | 0.295      | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N599/N194  | 21.02         | 3.164           | -8.100            | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N163/N599  | 9.35          | 0.200           | 22.893            | 0.000      | -0.295     | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N600/N134  | 21.71         | 3.164           | -8.465            | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.51         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N163/N600  | 9.33          | 0.200           | 22.854            | 0.000      | -0.295     | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N197/N595  | 28.91         | 3.287           | -14.327           | 0.000      | -0.006     | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N595/N168  | 9.16          | 0.000           | 23.384            | 0.000      | 0.308      | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N137/N598  | 27.65         | 3.287           | -13.620           | 0.000      | -0.006     | 0.00         | 0.33         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N598/N168  | 9.14          | 0.000           | 23.320            | 0.000      | 0.308      | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N597/N138  | 30.44         | 3.287           | -13.644           | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N167/N597  | 10.65         | 0.200           | 27.478            | 0.000      | -0.308     | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N596/N198  | 29.94         | 3.287           | -13.365           | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.55         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N167/N596  | 10.65         | 0.200           | 27.459            | 0.000      | -0.308     | 0.00         | 0.06         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N201/N593  | 19.18         | 3.428           | -7.956            | 0.000      | -0.010     | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N593/N172  | 5.99          | 0.000           | 15.511            | 0.000      | 0.324      | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N141/N594  | 19.78         | 3.428           | -8.303            | 0.000      | -0.010     | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N594/N172  | 6.02          | 0.000           | 15.603            | 0.000      | 0.324      | 0.00         | 0.07         | 0.00         | GV     | Cumple |
| N592/N202  | 24.04         | 3.428           | -10.809           | 0.000      | 0.010      | 0.00         | 0.61         | 0.00         | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia a temperatura ambiente |            |              |                               |         |         |           |           |           |        |        |
|--|------------|--------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |         |         |           |           |           | Origen | Estado |
|  |            |              | N (kN)                        | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) |        |        |
| N171/N592  | 8.09       | 0.200        | 21.557                        | 0.000   | -0.324  | 0.00      | 0.07      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N591/N142  | 23.82      | 3.428        | -10.679                       | 0.000   | 0.010   | 0.00      | 0.61      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N171/N591  | 8.08       | 0.200        | 21.548                        | 0.000   | -0.324  | 0.00      | 0.07      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N214/N588  | 19.19      | 3.428        | -7.958                        | 0.000   | -0.010  | 0.00      | 0.61      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N588/N185  | 5.99       | 0.000        | 15.513                        | 0.000   | 0.324   | 0.00      | 0.07      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N154/N589  | 19.78      | 3.428        | -8.306                        | 0.000   | -0.010  | 0.00      | 0.61      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N589/N185  | 6.02       | 0.000        | 15.606                        | 0.000   | 0.324   | 0.00      | 0.07      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N590/N215  | 24.05      | 3.428        | -10.811                       | 0.000   | 0.010   | 0.00      | 0.61      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N184/N590  | 8.09       | 0.200        | 21.558                        | 0.000   | -0.324  | 0.00      | 0.07      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N210/N587  | 28.92      | 3.287        | -14.333                       | 0.000   | -0.006  | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N587/N181  | 9.17       | 0.000        | 23.393                        | 0.000   | 0.308   | 0.00      | 0.06      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N150/N586  | 27.66      | 3.287        | -13.626                       | 0.000   | -0.006  | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N586/N181  | 9.14       | 0.000        | 23.328                        | 0.000   | 0.308   | 0.00      | 0.06      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N585/N211  | 29.95      | 3.287        | -13.370                       | 0.000   | 0.010   | 0.00      | 0.55      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N180/N585  | 10.65      | 0.200        | 27.465                        | 0.000   | -0.308  | 0.00      | 0.06      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N206/N583  | 16.72      | 3.164        | -5.824                        | 0.000   | -0.010  | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N583/N177  | 5.94       | 0.000        | 13.894                        | 0.000   | 0.295   | 0.00      | 0.06      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N146/N582  | 16.81      | 3.164        | -5.873                        | 0.000   | -0.010  | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N582/N177  | 5.95       | 0.000        | 13.916                        | 0.000   | 0.295   | 0.00      | 0.06      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N584/N207  | 21.11      | 3.164        | -8.148                        | 0.000   | 0.010   | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N176/N584  | 9.36       | 0.200        | 22.932                        | 0.000   | -0.295  | 0.00      | 0.06      | 0.00      | GV     | Cumple |
| N158/N352  | 27.44      | 0.000        | 249.200                       | -3.353  | 22.443  | 0.00      | 40.35     | -10.09    | GV     | Cumple |
| N352/N574  | 48.37      | 3.190        | -140.733                      | -0.089  | 67.569  | 0.00      | -125.35   | -0.22     | GV     | Cumple |
| N574/N338  | 56.05      | 0.500        | -139.256                      | -0.089  | 68.632  | 0.00      | -159.40   | -0.18     | GV     | Cumple |
| N338/N159  | 53.99      | 0.000        | -138.652                      | -0.089  | -81.827 | 0.00      | -159.40   | -0.18     | GV     | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                               |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                               |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos p $\acute{e}$ simos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)                        | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) |        |  |                                    |        |
| N1/N359  | 20.83      | 0.000        | -80.164                       | -2.926  | -0.227  | 0.00      | -0.31     | -5.56     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N359/N360  | 10.98      | 0.000        | -56.697                       | -1.639  | -0.171  | 0.00      | -0.89     | -1.73     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N360/N2  | 25.62      | 0.000        | -33.220                       | -3.451  | -4.222  | 0.02      | -5.86     | -5.56     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N3/N348  | 20.86      | 0.000        | -80.320                       | -2.934  | 0.211   | 0.00      | 0.28      | -5.58     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N348/N358  | 11.01      | 0.000        | -56.813                       | -1.644  | 0.175   | 0.00      | 0.90      | -1.73     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N358/N4  | 25.65      | 0.000        | -33.270                       | -3.452  | 4.222   | -0.02     | 5.86      | -5.57     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N2/N307  | 32.96      | 3.014        | -1.532                        | 0.208   | 1.888   | -0.02     | -1.90     | -0.92     | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N307/N490  | 79.79      | 3.014        | 12.576                        | -1.263  | -0.374  | -0.02     | 2.45      | 2.51      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N490/N308  | 79.95      | 0.000        | 12.941                        | 3.100   | 3.462   | -0.02     | 2.45      | 2.51      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N308/N309  | 70.84      | 4.018        | 13.113                        | 0.250   | 1.921   | -0.02     | -3.42     | -1.94     | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N309/N489  | 98.20      | 1.005        | 15.392                        | -5.912  | -7.342  | -0.02     | 4.32      | 3.93      | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N489/N310  | 98.47      | 0.000        | 16.184                        | 1.941   | 0.973   | -0.02     | 4.32      | 3.93      | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N310/N488  | 90.58      | 0.000        | 22.903                        | -2.908  | -5.621  | -0.02     | -5.37     | -3.19     | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N488/N5  | 81.51      | 0.000        | 23.554                        | 1.106   | 1.239   | -0.02     | 4.45      | 2.90      | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N4/N314  | 32.98      | 3.014        | -1.532                        | -0.208  | 1.888   | 0.02      | -1.90     | 0.92      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N314/N485  | 79.86      | 3.014        | 12.573                        | 1.264   | -0.375  | 0.02      | 2.45      | -2.51     | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N485/N313  | 80.01      | 0.000        | 12.939                        | -3.104  | 3.466   | 0.02      | 2.45      | -2.51     | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N313/N312  | 70.86      | 4.018        | 13.112                        | -0.250  | 1.921   | 0.02      | -3.42     | 1.94      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |
| N312/N486  | 98.27      | 1.005        | 15.389                        | 5.915   | -7.346  | 0.02      | 4.33      | -3.93     | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N486/N311  | 98.54      | 0.000        | 16.182                        | -1.941  | 0.974   | 0.02      | 4.33      | -3.93     | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N311/N487  | 90.61      | 0.000        | 22.902                        | 2.908   | -5.622  | 0.02      | -5.37     | 3.19      | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N487/N5  | 81.53      | 0.000        | 23.553                        | -1.106  | 1.240   | 0.02      | 4.45      | -2.90     | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |
| N6/N361  | 21.38      | 0.000        | -89.004                       | 2.594   | -1.069  | 0.00      | -1.72     | 4.67      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N361/N363  | 19.42      | 2.250        | -62.967                       | 3.272   | 4.273   | 0.00      | -4.58     | -3.87     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N363/N344  | 45.03      | 3.690        | -42.828                       | -0.062  | -13.421 | 0.00      | 29.90     | -0.12     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N344/N7  | 35.01      | 0.000        | -42.324                       | -0.061  | 15.303  | 0.00      | 29.90     | -0.12     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N8/N347  | 21.41      | 0.000        | -89.157                       | 2.605   | 1.054   | 0.00      | 1.69      | 4.69      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N347/N357  | 19.46      | 2.250        | -63.086                       | 3.285   | -4.269  | 0.00      | 4.58      | -3.89     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N357/N343  | 45.02      | 3.690        | -42.829                       | -0.061  | 13.420  | 0.00      | -29.90    | -0.12     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N343/N9  | 35.01      | 0.000        | -42.325                       | -0.060  | -15.303 | 0.00      | -29.90    | -0.12     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N7/N12   | 22.63      | 3.014        | -59.904                       | 0.448   | 4.236   | 0.00      | -1.84     | -1.35     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N12/N14  | 33.89      | 3.014        | -98.178                       | -1.129  | 3.448   | 0.00      | -1.30     | 2.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
|--|-------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |       |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N14/N317   | 33.08 | 0.000        | -120.502          | 2.956   | -3.744  | 0.00      | -1.30     | 2.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N317/N16   | 31.43 | 2.009        | -115.217          | 0.097   | 3.808   | 0.00      | -1.55     | -1.11     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N16/N318   | 33.68 | 1.607        | -123.986          | 0.097   | 0.073   | 0.00      | 1.44      | -1.27     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N318/N18   | 35.81 | 1.005        | -119.884          | -4.288  | 3.757   | 0.00      | -1.34     | 3.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N18/N20  | 43.60 | 0.000        | -123.131          | 1.481   | -3.581  | 0.00      | -1.34     | 3.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N20/N319   | 34.78 | 1.005        | -117.592          | 1.481   | -1.444  | 0.00      | 1.19      | -2.95     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N319/N22   | 37.33 | 0.000        | -119.320          | -2.731  | -1.145  | 0.00      | 1.19      | -2.95     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N22/N10  | 38.48 | 0.000        | -109.265          | 0.842   | -3.543  | 0.00      | -1.37     | 2.54      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N11/N12  | 47.23 | 0.000        | -41.313           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N13/N12  | 29.03 | 1.886        | 47.292            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N13/N14  | 40.54 | 0.000        | -32.125           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N15/N14  | 20.42 | 1.976        | 29.181            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | G      | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N15/N16  | 30.59 | 0.000        | -17.398           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | G      | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N17/N16  | 16.65 | 2.071        | -7.732            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N17/N18  | 34.34 | 0.000        | -17.292           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N19/N18  | 15.87 | 2.172        | -6.636            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N19/N20  | 16.59 | 0.000        | -7.404            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N21/N20  | 31.60 | 1.993        | -9.315            | 0.000   | -0.028  | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N21/N22  | 22.11 | 0.000        | -9.701            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N23/N22  | 57.67 | 2.089        | -16.675           | 0.000   | -0.028  | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N23/N10  | 10.71 | 4.000        | 14.950            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N24/N25  | 47.23 | 0.000        | -41.312           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N26/N25  | 29.03 | 1.886        | 47.291            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N26/N27  | 40.54 | 0.000        | -32.131           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N28/N27  | 20.42 | 1.976        | 29.180            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | G      | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N28/N29  | 30.59 | 0.000        | -17.397           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | G      | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N30/N29  | 16.65 | 2.071        | -7.731            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N30/N31  | 34.34 | 0.000        | -17.294           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N32/N31  | 15.87 | 2.172        | -6.636            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N32/N33  | 16.59 | 0.000        | -7.404            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N34/N33  | 31.60 | 1.993        | -9.315            | 0.000   | -0.028  | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N34/N35  | 22.11 | 0.000        | -9.702            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N23/N35  | 57.67 | 2.089        | -16.674           | 0.000   | -0.028  | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N36/N362   | 29.19 | 3.060        | -95.149           | -0.298  | -10.234 | 0.00      | 15.35     | 0.30      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N362/N364  | 36.83 | 2.250        | -80.074           | -0.778  | 12.660  | 0.00      | -26.64    | 1.51      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N364/N327  | 75.45 | 3.690        | -64.777           | -0.161  | -24.184 | 0.00      | 51.26     | -0.32     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N327/N37   | 59.32 | 0.000        | -64.285           | -0.159  | 26.160  | 0.00      | 51.26     | -0.32     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N38/N346   | 29.22 | 3.060        | -95.220           | -0.296  | 10.246  | 0.00      | -15.37    | 0.29      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N346/N356  | 36.85 | 2.250        | -80.145           | -0.776  | -12.678 | 0.00      | 26.66     | 1.51      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N356/N342  | 75.44 | 3.690        | -64.772           | -0.161  | 24.185  | 0.00      | -51.25    | -0.32     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N342/N39   | 59.32 | 0.000        | -64.281           | -0.158  | -26.158 | 0.00      | -51.25    | -0.32     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N37/N42  | 27.55 | 1.318        | -89.693           | 0.004   | 0.222   | 0.00      | 2.67      | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N42/N44  | 42.55 | 0.000        | -148.802          | 0.004   | -5.427  | 0.00      | -2.60     | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N44/N46  | 50.41 | 1.507        | -183.309          | -0.001  | 0.076   | 0.00      | 2.03      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N46/N48  | 54.59 | 1.507        | -199.613          | -0.001  | -0.089  | 0.00      | 2.05      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N48/N50  | 55.14 | 3.014        | -201.459          | -0.032  | 5.232   | 0.00      | -1.98     | 0.08      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N50/N52  | 53.27 | 1.507        | -193.201          | -0.032  | -0.087  | 0.00      | 2.02      | 0.13      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N52/N40  | 49.29 | 3.014        | -176.638          | -0.058  | 2.796   | 0.00      | -2.44     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N41/N42  | 70.77 | 0.000        | -61.908           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N43/N42  | 42.88 | 1.886        | 72.953            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N43/N44  | 60.04 | 0.000        | -47.582           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N45/N44  | 29.67 | 1.976        | 45.464            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N45/N46  | 49.11 | 0.000        | -27.931           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N47/N46  | 21.47 | 2.071        | 30.699            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N47/N48  | 46.01 | 0.000        | -23.169           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N49/N48  | 13.57 | 2.172        | 16.430            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N49/N50  | 22.81 | 0.000        | -10.181           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N51/N50  | 44.37 | 1.993        | -13.658           | 0.000   | -0.028  | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N51/N52  | 28.04 | 0.000        | -12.303           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N53/N52  | 90.72 | 2.387        | -26.988           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N53/N40  | 18.15 | 4.000        | 25.338            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N54/N55  | 70.76 | 0.000        | -61.903           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N56/N55  | 42.87 | 1.886        | 72.945            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N56/N57  | 60.05 | 0.000        | -47.589           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N58/N57  | 29.67 | 1.976        | 45.466            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N58/N59  | 49.11 | 0.000        | -27.932           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N60/N59  | 21.47 | 2.071        | 30.701            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N60/N61  | 46.02 | 0.000        | -23.174           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N62/N61  | 13.57 | 2.172        | 16.433            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N62/N63  | 22.81 | 0.000        | -10.184           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N64/N63  | 44.36 | 1.993        | -13.654           | 0.000   | -0.028  | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N64/N65  | 28.05 | 0.000        | -12.308           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N53/N65  | 90.72      | 2.387        | -26.985           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N66/N365   | 31.30      | 5.310        | -95.645           | -0.081  | 1.746   | 0.00      | -21.02    | 0.15      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N365/N328  | 93.36      | 3.690        | -75.211           | -0.048  | -25.605 | 0.00      | 64.98     | -0.08     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N328/N67   | 74.15      | 0.000        | -74.720           | -0.040  | 33.198  | 0.00      | 64.98     | -0.08     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N68/N355   | 31.32      | 5.310        | -95.663           | -0.080  | -1.759  | 0.00      | 21.04     | 0.15      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N355/N341  | 93.35      | 3.690        | -75.213           | -0.048  | 25.608  | 0.00      | -64.97    | -0.08     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N341/N69   | 74.14      | 0.000        | -74.722           | -0.040  | -33.192 | 0.00      | -64.97    | -0.08     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N67/N72  | 36.41      | 1.318        | -118.918          | 0.003   | 0.273   | 0.00      | 3.47      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N72/N74  | 54.89      | 0.000        | -192.221          | 0.003   | -7.009  | 0.00      | -3.32     | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N74/N76  | 64.17      | 1.507        | -232.564          | 0.023   | 0.084   | 0.00      | 2.65      | -0.05     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N76/N78  | 69.04      | 1.507        | -250.765          | 0.023   | -0.070  | 0.00      | 2.63      | -0.12     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N78/N80  | 69.00      | 1.507        | -250.996          | -0.035  | 0.083   | 0.00      | 2.61      | -0.10     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N80/N82  | 65.52      | 0.000        | -238.755          | -0.035  | -6.705  | 0.00      | -2.52     | -0.05     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N82/N70  | 60.21      | 3.014        | -215.011          | -0.019  | 3.447   | 0.00      | -3.06     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N71/N72  | 88.20      | 0.000        | -77.153           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N73/N72  | 52.30      | 1.886        | 90.406            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N73/N74  | 70.12      | 0.000        | -55.571           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N75/N74  | 41.77      | 1.976        | -24.936           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N75/N76  | 59.81      | 0.000        | -34.021           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N77/N76  | 25.54      | 2.071        | -13.184           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N77/N78  | 54.40      | 0.000        | -27.398           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N79/N78  | 17.83      | 2.172        | 23.935            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N79/N80  | 34.84      | 0.000        | -15.553           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N81/N80  | 63.08      | 2.278        | -19.986           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N81/N82  | 31.64      | 0.000        | -13.884           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N83/N82  | 92.48      | 2.387        | -38.192           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N83/N70  | 29.08      | 0.000        | -11.356           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N84/N85  | 88.20      | 0.000        | -77.155           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N86/N85  | 52.30      | 1.886        | 90.409            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N86/N87  | 70.13      | 0.000        | -55.577           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N88/N87  | 41.77      | 1.976        | -24.936           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N88/N89  | 59.81      | 0.000        | -34.019           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N90/N89  | 25.54      | 2.071        | -13.184           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N90/N91  | 54.40      | 0.000        | -27.398           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N92/N91  | 17.83      | 2.172        | 23.932            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N92/N93  | 34.84      | 0.000        | -15.550           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N94/N93  | 63.09      | 2.278        | -19.990           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N94/N95  | 31.63      | 0.000        | -13.882           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N83/N95  | 92.49      | 2.387        | -38.195           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N96/N366   | 31.09      | 5.310        | -96.841           | -0.103  | 1.536   | 0.00      | -20.53    | 0.23      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N366/N329  | 93.77      | 3.690        | -76.633           | -0.063  | -25.501 | 0.00      | 65.02     | -0.13     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N329/N97   | 74.39      | 0.000        | -76.142           | -0.063  | 33.218  | 0.00      | 65.02     | -0.13     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N98/N354   | 31.09      | 5.310        | -96.856           | -0.102  | -1.540  | 0.00      | 20.53     | 0.23      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N354/N340  | 93.74      | 3.690        | -76.630           | -0.063  | 25.497  | 0.00      | -65.00    | -0.12     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N340/N99   | 74.37      | 0.000        | -76.139           | -0.062  | -33.210 | 0.00      | -65.00    | -0.12     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N97/N102   | 35.89      | 1.318        | -116.869          | -0.006  | 0.276   | 0.00      | 3.47      | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N102/N104  | 53.98      | 0.000        | -188.455          | -0.006  | -6.997  | 0.00      | -3.33     | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N104/N106  | 63.16      | 1.507        | -229.134          | 0.007   | 0.071   | 0.00      | 2.63      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N106/N108  | 67.79      | 1.507        | -247.644          | 0.007   | -0.064  | 0.00      | 2.62      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N108/N110  | 68.04      | 1.507        | -248.678          | -0.010  | 0.078   | 0.00      | 2.60      | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N110/N112  | 65.08      | 1.507        | -236.827          | -0.010  | -0.060  | 0.00      | 2.57      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N112/N100  | 60.14      | 3.014        | -214.763          | -0.018  | 3.446   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N101/N102  | 86.51      | 0.000        | -75.679           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N103/N102  | 51.37      | 1.886        | -37.581           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N103/N104  | 69.51      | 0.000        | -55.083           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N105/N104  | 40.50      | 1.976        | -24.103           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N105/N106  | 60.08      | 0.000        | -34.171           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N107/N106  | 25.52      | 2.071        | 37.829            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N107/N108  | 52.97      | 0.000        | -26.677           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N109/N108  | 16.72      | 2.172        | 21.984            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N109/N110  | 31.66      | 0.000        | -14.134           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N111/N110  | 60.00      | 2.278        | -18.939           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N111/N112  | 29.63      | 0.000        | -13.003           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N113/N112  | 87.38      | 2.387        | -36.002           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N113/N100  | 28.57      | 0.000        | -11.156           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N114/N115  | 86.51      | 0.000        | -75.675           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N116/N115  | 51.37      | 1.886        | -37.580           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N116/N117  | 69.51      | 0.000        | -55.088           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N118/N117  | 40.51      | 1.976        | -24.105           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N118/N119  | 60.08      | 0.000        | -34.172           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N120/N119  | 25.52      | 2.071        | 37.830            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N120/N121  | 52.98      | 0.000        | -26.679           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |                     |                     |                       |                       |                       |        |  |                                    |        |  |
|--|------------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |                     |                     |                       |                       |                       |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |                     |                     |                       |                       |                       | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |            |              | N (kN)            | V <sub>y</sub> (kN) | V <sub>z</sub> (kN) | M <sub>t</sub> (kN-m) | M <sub>y</sub> (kN-m) | M <sub>z</sub> (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N122/N121  | 16.72      | 2.172        | 21.986            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.33                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N122/N123  | 31.67      | 0.000        | -14.135           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N124/N123  | 59.99      | 2.278        | -18.937           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N124/N125  | 29.64      | 0.000        | -13.005           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N113/N125  | 87.37      | 2.387        | -36.000           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |  |
| N126/N367  | 31.02      | 5.310        | -95.485           | -0.095              | 1.580               | 0.00                  | -20.67                | 0.21                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N367/N330  | 93.46      | 3.690        | -75.219           | -0.068              | -25.522             | 0.00                  | 64.95                 | -0.13                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N330/N127  | 74.19      | 0.000        | -74.728           | -0.066              | 33.185              | 0.00                  | 64.95                 | -0.13                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N128/N353  | 31.02      | 5.310        | -95.504           | -0.094              | -1.587              | 0.00                  | 20.67                 | 0.21                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N353/N339  | 93.43      | 3.690        | -75.221           | -0.068              | 25.520              | 0.00                  | -64.94                | -0.13                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N339/N129  | 74.17      | 0.000        | -74.730           | -0.066              | -33.177             | 0.00                  | -64.94                | -0.13                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N127/N132  | 36.50      | 1.318        | -119.009          | -0.020              | 0.273               | 0.00                  | 3.47                  | 0.03                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N132/N134  | 55.09      | 0.000        | -192.287          | -0.020              | -7.009              | 0.00                  | -3.32                 | 0.06                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N134/N136  | 64.28      | 1.507        | -232.587          | 0.027               | 0.084               | 0.00                  | 2.65                  | 0.08                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N136/N138  | 68.61      | 1.507        | -250.753          | 0.027               | -0.070              | 0.00                  | 2.63                  | 0.00                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N138/N140  | 68.72      | 1.507        | -250.946          | -0.009              | 0.083               | 0.00                  | 2.61                  | -0.03                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N140/N142  | 65.37      | 0.000        | -238.672          | -0.009              | -6.705              | 0.00                  | -2.52                 | -0.02                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N142/N130  | 60.20      | 3.014        | -214.940          | -0.004              | 3.447               | 0.00                  | -3.05                 | 0.00                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N131/N132  | 88.17      | 0.000        | -77.131           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N133/N132  | 52.28      | 1.886        | 90.374            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N133/N134  | 70.11      | 0.000        | -55.559           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N135/N134  | 41.64      | 1.976        | -24.850           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N135/N136  | 59.78      | 0.000        | -34.002           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N137/N136  | 25.42      | 2.071        | -13.108           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.32                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N137/N138  | 54.32      | 0.000        | -27.358           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N139/N138  | 17.81      | 2.172        | 23.893            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.33                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N139/N140  | 34.77      | 0.000        | -15.523           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N141/N140  | 63.22      | 2.278        | -20.034           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N141/N142  | 31.53      | 0.000        | -13.835           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N143/N142  | 92.43      | 2.387        | -38.170           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |  |
| N143/N130  | 28.99      | 0.000        | -11.320           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N144/N145  | 88.18      | 0.000        | -77.134           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N146/N145  | 52.28      | 1.886        | 90.378            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N146/N147  | 70.12      | 0.000        | -55.566           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N148/N147  | 41.64      | 1.976        | -24.849           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N148/N149  | 59.78      | 0.000        | -34.000           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N150/N149  | 25.41      | 2.071        | -13.107           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.32                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N150/N151  | 54.32      | 0.000        | -27.357           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N152/N151  | 17.80      | 2.172        | 23.890            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.33                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N152/N153  | 34.77      | 0.000        | -15.520           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N154/N153  | 63.23      | 2.278        | -20.037           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N154/N155  | 31.52      | 0.000        | -13.833           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N143/N155  | 92.44      | 2.387        | -38.173           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |  |
| N161/N162  | 86.49      | 0.000        | -75.659           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N163/N162  | 51.26      | 1.886        | -37.490           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N163/N164  | 69.55      | 0.000        | -55.114           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N165/N164  | 40.53      | 1.976        | -24.119           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N165/N166  | 59.92      | 0.000        | -34.078           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N167/N166  | 25.45      | 2.071        | 37.706            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.32                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N167/N168  | 52.80      | 0.000        | -26.591           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N169/N170  | 31.48      | 0.000        | -14.054           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N171/N170  | 59.97      | 2.278        | -18.930           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N171/N172  | 29.46      | 0.000        | -12.927           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N173/N172  | 87.41      | 2.387        | -36.017           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |  |
| N173/N160  | 28.83      | 0.000        | -11.258           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N174/N175  | 86.49      | 0.000        | -75.655           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N176/N175  | 51.25      | 1.886        | -37.490           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N176/N177  | 69.55      | 0.000        | -55.120           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N178/N177  | 40.53      | 1.976        | -24.122           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N178/N179  | 59.92      | 0.000        | -34.078           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N180/N179  | 25.45      | 2.071        | 37.707            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.32                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N180/N181  | 52.81      | 0.000        | -26.593           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N182/N183  | 31.49      | 0.000        | -14.055           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N184/N183  | 59.97      | 2.278        | -18.928           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N184/N185  | 29.46      | 0.000        | -12.929           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N173/N185  | 87.41      | 2.387        | -36.015           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |  |
| N186/N369  | 30.93      | 5.310        | -95.457           | -0.084              | 1.561               | 0.00                  | -20.62                | 0.17                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N369/N332  | 93.50      | 3.690        | -75.215           | -0.075              | -25.509             | 0.00                  | 64.94                 | -0.16                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N332/N187  | 74.20      | 0.000        | -74.724           | -0.079              | 33.178              | 0.00                  | 64.94                 | -0.16                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N188/N351  | 30.93      | 5.310        | -95.478           | -0.083              | -1.566              | 0.00                  | 20.62                 | 0.17                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N351/N337  | 93.48      | 3.690        | -75.217           | -0.075              | 25.506              | 0.00                  | -64.92                | -0.16                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N337/N189  | 74.19      | 0.000        | -74.726           | -0.079              | -33.170             | 0.00                  | -64.92                | -0.16                 | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|-------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |       |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N187/N192  | 36.61 | 1.318        | -119.041          | -0.043  | 0.273   | 0.00      | 3.47      | 0.06      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N192/N194  | 55.34 | 0.000        | -192.329          | -0.043  | -7.009  | 0.00      | -3.32     | 0.13      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N194/N196  | 64.76 | 1.507        | -232.575          | 0.032   | 0.085   | 0.00      | 2.66      | 0.21      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N196/N198  | 69.01 | 1.507        | -250.697          | 0.032   | -0.070  | 0.00      | 2.63      | 0.11      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N198/N200  | 68.75 | 1.507        | -250.878          | 0.016   | 0.083   | 0.00      | 2.61      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N200/N202  | 65.36 | 1.507        | -238.295          | 0.016   | -0.061  | 0.00      | 2.58      | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N202/N190  | 60.17 | 3.014        | -214.850          | 0.011   | 3.446   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N191/N192  | 88.18 | 0.000        | -77.140           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N193/N192  | 53.66 | 1.886        | -39.381           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N193/N194  | 70.13 | 0.000        | -55.576           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N195/N194  | 43.78 | 1.976        | -26.259           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N195/N196  | 59.71 | 0.000        | -33.963           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N197/N196  | 26.66 | 2.071        | -13.873           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N197/N198  | 54.30 | 0.000        | -27.345           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N199/N198  | 17.79 | 2.172        | 23.871            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N199/N200  | 34.74 | 0.000        | -15.507           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N201/N200  | 63.26 | 2.278        | -20.047           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N201/N202  | 31.59 | 0.000        | -13.864           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N203/N202  | 92.48 | 2.387        | -38.191           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N203/N190  | 30.92 | 0.000        | -12.075           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N204/N205  | 88.19 | 0.000        | -77.143           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N206/N205  | 53.67 | 1.886        | -39.384           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N206/N207  | 70.14 | 0.000        | -55.584           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N208/N207  | 43.78 | 1.976        | -26.258           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N208/N209  | 59.71 | 0.000        | -33.961           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N210/N209  | 26.66 | 2.071        | -13.872           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N210/N211  | 54.30 | 0.000        | -27.344           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N212/N211  | 17.79 | 2.172        | 23.867            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N212/N213  | 34.73 | 0.000        | -15.505           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N214/N213  | 63.27 | 2.278        | -20.050           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N214/N215  | 31.59 | 0.000        | -13.862           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N203/N215  | 92.48 | 2.387        | -38.193           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N216/N370  | 31.48 | 5.310        | -97.079           | -0.107  | 1.692   | 0.00      | -20.87    | 0.26      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N370/N333  | 94.00 | 3.690        | -76.638           | -0.093  | -25.587 | 0.00      | 65.07     | -0.20     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N333/N217  | 74.52 | 0.000        | -76.147           | -0.100  | 33.242  | 0.00      | 65.07     | -0.20     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N218/N350  | 31.49 | 5.310        | -97.092           | -0.107  | -1.700  | 0.00      | 20.88     | 0.26      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N350/N336  | 93.98 | 3.690        | -76.634           | -0.093  | 25.587  | 0.00      | -65.05    | -0.20     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N336/N219  | 74.51 | 0.000        | -76.143           | -0.100  | -33.235 | 0.00      | -65.05    | -0.20     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N217/N222  | 35.95 | 1.318        | -116.735          | -0.027  | 0.276   | 0.00      | 3.47      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N222/N224  | 54.17 | 0.000        | -188.313          | -0.027  | -6.997  | 0.00      | -3.34     | 0.08      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N224/N226  | 63.68 | 1.507        | -229.110          | -0.007  | 0.070   | 0.00      | 2.63      | 0.17      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N226/N228  | 68.51 | 1.507        | -247.718          | -0.007  | -0.065  | 0.00      | 2.62      | 0.19      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N228/N230  | 68.46 | 1.507        | -248.779          | 0.057   | 0.079   | 0.00      | 2.60      | 0.12      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N230/N232  | 65.17 | 1.507        | -236.952          | 0.057   | -0.060  | 0.00      | 2.57      | -0.06     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N232/N220  | 60.19 | 3.014        | -214.922          | 0.047   | 3.447   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N221/N222  | 86.51 | 0.000        | -75.672           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N223/N222  | 63.76 | 1.886        | -47.306           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N223/N224  | 69.67 | 0.000        | -55.213           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N225/N224  | 50.30 | 1.976        | -30.548           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N225/N226  | 60.22 | 0.000        | -34.249           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N227/N226  | 30.29 | 2.071        | -16.101           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N227/N228  | 53.13 | 0.000        | -26.757           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N229/N228  | 16.75 | 2.172        | 22.028            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N229/N230  | 31.73 | 0.000        | -14.164           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N231/N230  | 59.89 | 2.278        | -18.903           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N231/N232  | 29.55 | 0.000        | -12.968           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N233/N232  | 87.26 | 2.387        | -35.950           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N233/N220  | 37.19 | 0.000        | -14.525           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N234/N235  | 86.50 | 0.000        | -75.667           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N236/N235  | 63.75 | 1.886        | -47.306           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N236/N237  | 69.68 | 0.000        | -55.219           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |
| N238/N237  | 50.31 | 1.976        | -30.552           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.30      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N238/N239  | 60.22 | 0.000        | -34.250           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N240/N239  | 30.30 | 2.071        | -16.104           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.32      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N240/N241  | 53.14 | 0.000        | -26.759           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N242/N241  | 16.75 | 2.172        | 22.029            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |
| N242/N243  | 31.73 | 0.000        | -14.165           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |
| N244/N243  | 59.89 | 2.278        | -18.901           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.25      | 0.00      | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |
| N244/N245  | 29.56 | 0.000        | -12.970           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |
| N233/N245  | 87.25 | 2.387        | -35.949           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.26      | 0.00      | GV     | 1.8  | 614                                | Cumple |
| N246/N371  | 20.59 | 0.000        | -83.447           | 0.279   | 4.421   | 0.00      | 10.90     | 0.41      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N371/N334  | 60.67 | 3.690        | -59.149           | 0.043   | -17.735 | 0.00      | 40.37     | 0.08      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |                     |                     |                       |                       |                       |        |  |                                    |        |  |
|--|------------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |                     |                     |                       |                       |                       |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |                     |                     |                       |                       |                       | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |            |              | N (kN)            | V <sub>y</sub> (kN) | V <sub>z</sub> (kN) | M <sub>t</sub> (kN-m) | M <sub>y</sub> (kN-m) | M <sub>z</sub> (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N334/N247  | 47.32      | 0.000        | -58.645           | 0.042               | 20.715              | 0.00                  | 40.37                 | 0.08                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N248/N349  | 20.59      | 0.000        | -83.315           | 0.281               | -4.423              | 0.00                  | -10.91                | 0.42                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N349/N335  | 60.67      | 3.690        | -59.125           | 0.044               | 17.737              | 0.00                  | -40.37                | 0.08                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N335/N249  | 47.32      | 0.000        | -58.622           | 0.042               | -20.717             | 0.00                  | -40.37                | 0.08                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N247/N252  | 30.84      | 3.014        | -83.756           | -0.519              | 5.999               | 0.00                  | -2.60                 | 1.56                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N252/N254  | 44.27      | 3.014        | -134.063          | 1.196               | 4.897               | 0.00                  | -1.89                 | -2.04                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N254/N321  | 43.61      | 0.000        | -166.177          | -3.074              | -5.266              | 0.00                  | -1.89                 | -2.04                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N321/N256  | 41.56      | 2.009        | -154.556          | -0.104              | 5.304               | 0.00                  | -2.09                 | 1.26                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N256/N322  | 44.97      | 1.607        | -168.413          | -0.104              | 0.201               | 0.00                  | 1.99                  | 1.42                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N322/N258  | 44.60      | 1.005        | -155.825          | 4.445               | 5.292               | 0.00                  | -1.97                 | -3.00                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N258/N260  | 54.68      | 0.000        | -160.795          | -1.395              | -5.111              | 0.00                  | -1.97                 | -3.00                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N260/N323  | 42.06      | 1.005        | -154.119          | -1.395              | -1.909              | 0.00                  | 1.60                  | 2.60                  | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N323/N262  | 43.50      | 2.009        | -145.524          | 2.569               | 5.236               | 0.00                  | -2.04                 | -2.56                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N262/N250  | 45.93      | 0.000        | -132.812          | -0.849              | -5.092              | 0.00                  | -2.04                 | -2.56                 | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N251/N252  | 66.15      | 0.000        | -57.862           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N253/N252  | 42.48      | 1.886        | -30.597           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N253/N254  | 53.69      | 0.000        | -42.551           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N255/N254  | 30.68      | 1.976        | -17.642           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N255/N256  | 44.04      | 0.000        | -25.046           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N257/N256  | 18.35      | 2.071        | 25.197            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.32                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N257/N258  | 41.20      | 0.000        | -20.749           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N259/N258  | 14.62      | 2.172        | 18.288            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.33                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N259/N260  | 25.93      | 0.000        | -11.575           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N261/N260  | 37.35      | 1.993        | -11.270           | 0.000               | -0.028              | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N261/N262  | 23.39      | 0.000        | -10.265           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N263/N262  | 73.82      | 2.089        | -21.733           | 0.000               | -0.028              | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N263/N250  | 45.26      | 0.000        | -17.673           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N264/N265  | 66.14      | 0.000        | -57.860           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N266/N265  | 42.47      | 1.886        | -30.595           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N266/N267  | 53.70      | 0.000        | -42.556           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 675                                | Cumple |  |
| N268/N267  | 30.68      | 1.976        | -17.643           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.30                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N268/N269  | 44.03      | 0.000        | -25.045           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N270/N269  | 18.35      | 2.071        | 25.197            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.32                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N270/N271  | 41.21      | 0.000        | -20.751           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N272/N271  | 14.63      | 2.172        | 18.289            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.33                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N272/N273  | 25.93      | 0.000        | -11.576           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 2.2  | 676                                | Cumple |  |
| N274/N273  | 37.34      | 1.993        | -11.267           | 0.000               | -0.028              | 0.00                  | 0.25                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N274/N275  | 23.40      | 0.000        | -10.268           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 698                                | Cumple |  |
| N263/N275  | 73.81      | 2.089        | -21.729           | 0.000               | -0.028              | 0.00                  | 0.26                  | 0.00                  | GV     | 1.6  | 655                                | Cumple |  |
| N276/N372  | 14.26      | 0.000        | -52.912           | 0.878               | -0.027              | 0.00                  | -0.16                 | 2.84                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N372/N277  | 20.08      | 0.000        | -9.812            | 3.071               | 5.716               | -0.01                 | 7.97                  | 2.68                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N278/N345  | 14.31      | 0.000        | -53.085           | 0.882               | 0.024               | 0.00                  | 0.16                  | 2.85                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N345/N279  | 20.12      | 0.000        | -9.955            | 5.054               | -3.621              | 0.02                  | -5.19                 | 4.79                  | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N277/N297  | 34.25      | 3.014        | -1.159            | -0.215              | 2.165               | 0.02                  | -2.07                 | 0.94                  | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N297/N484  | 82.36      | 3.014        | 15.990            | 1.283               | -0.442              | 0.02                  | 2.49                  | -2.54                 | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N484/N296  | 82.52      | 0.000        | 16.362            | -3.160              | 3.463               | 0.02                  | 2.49                  | -2.54                 | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N296/N295  | 68.73      | 4.018        | 6.642             | -0.247              | 1.945               | 0.02                  | -3.48                 | 1.95                  | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N295/N483  | 95.50      | 1.005        | 6.430             | 5.945               | -7.400              | 0.02                  | 4.32                  | -3.95                 | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |  |
| N483/N294  | 95.77      | 0.000        | 7.225             | -1.937              | 0.946               | 0.02                  | 4.32                  | -3.95                 | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |  |
| N294/N482  | 84.34      | 0.000        | 7.311             | 2.885               | -5.523              | 0.02                  | -5.26                 | 3.16                  | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |  |
| N482/N280  | 97.85      | 0.000        | -89.143           | 0.450               | -0.099              | -0.01                 | -2.14                 | 1.08                  | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N279/N290  | 34.33      | 3.014        | -1.157            | 0.216               | 2.167               | -0.02                 | -2.07                 | -0.94                 | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N290/N479  | 82.51      | 3.014        | 16.060            | -1.285              | -0.445              | -0.02                 | 2.49                  | 2.55                  | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N479/N291  | 82.67      | 0.000        | 16.433            | 3.166               | 3.468               | -0.02                 | 2.49                  | 2.55                  | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N291/N292  | 68.76      | 4.018        | 6.687             | 0.247               | 1.945               | -0.02                 | -3.48                 | -1.95                 | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N292/N480  | 95.55      | 1.005        | 6.463             | -5.946              | -7.402              | -0.02                 | 4.32                  | 3.95                  | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |  |
| N480/N293  | 95.81      | 0.000        | 7.258             | 1.938               | 0.946               | -0.02                 | 4.32                  | 3.95                  | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |  |
| N293/N481  | 84.37      | 0.000        | 7.331             | -2.886              | -5.524              | -0.02                 | -5.26                 | -3.16                 | GV     | 2.4  | 661                                | Cumple |  |
| N481/N280  | 97.86      | 0.000        | -89.143           | -0.451              | -0.099              | 0.01                  | -2.14                 | -1.08                 | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N11/N7   | 45.27      | 1.803        | 77.663            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N24/N9   | 45.27      | 1.803        | 77.662            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N41/N37  | 65.34      | 1.803        | 114.869           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N54/N39  | 65.34      | 1.803        | 114.859           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N71/N67  | 80.20      | 1.803        | 142.396           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N84/N69  | 80.20      | 1.803        | 142.400           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N101/N97   | 78.75      | 1.803        | 139.707           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N114/N99   | 78.74      | 1.803        | 139.699           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N131/N127  | 80.18      | 1.803        | 142.357           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N144/N129  | 80.18      | 1.803        | 142.362           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N161/N157  | 78.72      | 1.803        | 139.666           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N174/N159  | 78.72      | 1.803        | 139.658           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |
| N191/N187  | 80.18      | 1.803        | 142.374           | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.29                  | 0.00                  | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N204/N189  | 80.19      | 1.803        | 142.379           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N221/N217  | 92.27      | 1.803        | -74.072           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N234/N219  | 92.27      | 1.803        | -74.071           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N251/N247  | 66.50      | 1.803        | -52.601           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N264/N249  | 66.49      | 1.803        | -52.599           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 694                                | Cumple |
| N4/N9  | 18.80      | 1.500        | -20.189           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.37      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N314/N25   | 40.88      | 1.500        | -18.690           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N5/N10   | 19.55      | 1.500        | -8.523            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N311/N315  | 25.17      | 1.500        | -11.203           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N2/N7  | 18.81      | 1.500        | -20.199           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.37      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N307/N12   | 40.90      | 1.500        | -18.703           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N308/N317  | 35.63      | 1.500        | -16.186           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N309/N318  | 31.06      | 1.500        | -14.008           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N310/N319  | 25.17      | 1.500        | -11.203           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N313/N320  | 35.58      | 1.500        | -16.167           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N247/N277  | 20.10      | 1.500        | -21.691           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.37      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N252/N297  | 45.06      | 1.500        | -20.683           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N321/N296  | 41.57      | 1.500        | -19.020           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N322/N295  | 42.59      | 1.500        | -19.507           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N323/N294  | 37.55      | 1.500        | -17.105           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N250/N280  | 28.65      | 1.500        | -12.863           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N324/N293  | 37.54      | 1.500        | -17.102           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N325/N292  | 42.57      | 1.500        | -19.500           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N326/N291  | 41.45      | 1.500        | -18.961           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N265/N290  | 45.31      | 1.500        | -20.804           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N249/N279  | 20.19      | 1.500        | -21.796           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.37      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N247/N297  | 43.77      | 0.000        | 14.596            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N297/N321  | 86.58      | 0.000        | 28.873            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N321/N295  | 25.49      | 0.000        | 8.501             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N295/N323  | 80.07      | 0.000        | 26.701            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N323/N280  | 26.25      | 0.000        | 8.752             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N324/N280  | 26.18      | 0.000        | 8.730             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N292/N324  | 80.05      | 0.000        | 26.694            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N326/N292  | 25.37      | 0.000        | 8.460             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N290/N326  | 86.27      | 0.000        | 28.771            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N249/N290  | 44.23      | 0.000        | 14.749            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N279/N265  | 85.64      | 0.000        | 28.558            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N265/N291  | 31.33      | 0.000        | 10.449            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N291/N325  | 86.99      | 0.000        | 29.010            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N325/N293  | 18.99      | 0.000        | 6.333             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N293/N250  | 34.41      | 0.000        | 11.476            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N294/N250  | 34.44      | 0.000        | 11.485            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N322/N294  | 19.07      | 0.000        | 6.359             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N296/N322  | 87.03      | 0.000        | 29.023            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N252/N296  | 31.56      | 0.000        | 10.524            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N277/N252  | 85.18      | 0.000        | 28.407            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N4/N25   | 76.27      | 0.000        | 25.434            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N25/N313   | 79.20      | 0.000        | 26.411            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N313/N316  | 61.00      | 0.000        | 20.342            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N316/N311  | 56.74      | 0.000        | 18.923            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N311/N10   | 21.79      | 0.000        | 7.266             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N310/N10   | 21.79      | 0.000        | 7.266             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N318/N310  | 56.74      | 0.000        | 18.922            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N308/N318  | 60.98      | 0.000        | 20.334            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N12/N308   | 79.20      | 0.000        | 26.413            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N2/N12   | 76.30      | 0.000        | 25.446            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N7/N307  | 76.78      | 0.000        | 25.604            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N307/N317  | 70.83      | 0.000        | 23.620            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N317/N309  | 74.78      | 0.000        | 24.936            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N309/N319  | 48.92      | 0.000        | 16.313            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N319/N5  | 31.37      | 0.000        | 10.461            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N315/N5  | 31.38      | 0.000        | 10.464            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N312/N315  | 48.93      | 0.000        | 16.318            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N320/N312  | 74.77      | 0.000        | 24.936            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N314/N320  | 70.81      | 0.000        | 23.613            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N9/N314  | 76.76      | 0.000        | 25.600            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N9/N39   | 9.73       | 1.500        | -9.705            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.37      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N39/N69  | 31.03      | 3.000        | -9.358            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N69/N99  | 29.89      | 3.000        | -8.945            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N99/N129   | 28.80      | 3.000        | -8.545            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N129/N159  | 27.77      | 3.000        | -8.170            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N159/N189  | 26.75      | 3.000        | -7.798            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N189/N219  | 25.80      | 3.000        | -7.451            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N219/N249  | 26.74      | 3.000        | -7.796            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N217/N247  | 26.58      | 3.000        | -7.735            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N187/N217  | 26.00      | 3.000        | -7.523            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N157/N187  | 26.94      | 3.000        | -7.869            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N127/N157  | 27.96      | 3.000        | -8.238            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N97/N127   | 28.98      | 3.000        | -8.612            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N67/N97  | 30.07      | 3.000        | -9.009            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N37/N67  | 31.20      | 3.000        | -9.421            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 1.49      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N7/N37   | 9.78       | 1.500        | -9.766            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.37      | 0.00      | GV     | 1.6  | 693                                | Cumple |
| N347/N346  | 10.26      | 3.000        | -0.467            | -0.059  | -2.815  | 0.00      | 5.67      | 0.10      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N348/N347  | 12.56      | 0.000        | -13.181           | -0.041  | -3.621  | 0.00      | -5.02     | -0.07     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N349/N345  | 20.49      | 3.000        | -18.291           | 0.091   | -3.388  | 0.00      | 6.69      | -0.44     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N350/N349  | 24.64      | 0.000        | -7.940            | -0.153  | -6.575  | 0.00      | -7.64     | -0.39     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N351/N350  | 18.78      | 0.000        | -6.842            | 0.000   | -6.312  | 0.00      | -7.26     | -0.03     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N352/N351  | 18.28      | 0.000        | -6.012            | -0.041  | -6.326  | 0.00      | -7.24     | -0.12     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N353/N352  | 15.93      | 0.000        | -5.263            | 0.003   | -6.335  | 0.00      | -7.28     | 0.01      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N354/N353  | 15.25      | 0.000        | -4.586            | -0.023  | -6.308  | 0.00      | -7.19     | -0.06     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N355/N354  | 14.43      | 0.000        | -3.879            | -0.021  | -6.348  | 0.00      | -7.36     | -0.08     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N356/N355  | 14.03      | 6.000        | -0.682            | 0.126   | 6.275   | 0.00      | -6.81     | -0.32     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N357/N356  | 8.93       | 3.000        | -3.398            | -0.074  | 3.463   | 0.00      | -4.86     | -0.03     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N358/N357  | 17.80      | 0.000        | -15.802           | -0.274  | 1.978   | 0.00      | 5.18      | -0.46     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N345/N249  | 88.00      | 0.000        | 29.346            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N349/N279  | 65.13      | 0.000        | 21.720            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N357/N4  | 87.88      | 0.000        | 29.308            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N348/N357  | 38.35      | 0.000        | 12.789            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N8/N348  | 50.82      | 0.000        | 16.946            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N358/N9  | 67.39      | 0.000        | 22.475            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N347/N358  | 46.83      | 0.000        | 15.617            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N3/N347  | 39.81      | 0.000        | 13.275            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N359/N361  | 12.50      | 0.000        | -13.138           | 0.041   | -3.612  | 0.00      | -5.00     | 0.07      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N361/N362  | 10.23      | 3.000        | -0.467            | 0.059   | -2.804  | 0.00      | 5.65      | -0.10     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N360/N363  | 17.77      | 0.000        | -15.758           | 0.274   | 1.969   | 0.00      | 5.17      | 0.46      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N363/N364  | 8.91       | 3.000        | -3.409            | 0.074   | 3.453   | 0.00      | -4.84     | 0.03      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N364/N365  | 14.03      | 6.000        | -0.692            | -0.126  | 6.272   | 0.00      | -6.80     | 0.32      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N365/N366  | 14.40      | 0.000        | -3.859            | 0.022   | -6.345  | 0.00      | -7.35     | 0.08      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N366/N367  | 15.21      | 0.000        | -4.568            | 0.023   | -6.304  | 0.00      | -7.18     | 0.06      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N367/N368  | 15.89      | 0.000        | -5.246            | -0.003  | -6.331  | 0.00      | -7.27     | -0.01     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N368/N369  | 18.25      | 0.000        | -5.994            | 0.041   | -6.322  | 0.00      | -7.23     | 0.12      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N369/N370  | 18.74      | 0.000        | -6.824            | 0.000   | -6.309  | 0.00      | -7.25     | 0.03      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N370/N371  | 24.62      | 0.000        | -7.923            | 0.154   | -6.571  | 0.00      | -7.63     | 0.39      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N371/N372  | 20.40      | 3.000        | -18.242           | -0.089  | -3.379  | 0.00      | 6.67      | 0.43      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N371/N277  | 64.72      | 0.000        | 21.584            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N372/N247  | 87.69      | 0.000        | 29.244            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N360/N7  | 67.04      | 0.000        | 22.358            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N361/N360  | 46.69      | 0.000        | 15.569            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N1/N361  | 39.61      | 0.000        | 13.210            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N363/N2  | 87.61      | 0.000        | 29.216            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N359/N363  | 38.17      | 0.000        | 12.728            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N6/N359  | 50.66      | 0.000        | 16.894            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N373/N345  | 17.05      | 0.000        | -4.394            | 0.441   | -8.425  | 0.00      | -5.85     | 0.77      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N374/N373  | 17.73      | 0.000        | -9.617            | -0.164  | -8.679  | 0.00      | -7.37     | -0.27     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N376/N375  | 17.74      | 4.000        | -9.618            | 0.164   | 8.679   | 0.00      | -7.37     | -0.27     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N372/N376  | 17.05      | 3.000        | -4.396            | -0.441  | 8.420   | 0.00      | -5.84     | 0.77      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N377/N348  | 9.78       | 0.000        | 0.870             | -0.167  | -7.013  | 0.00      | -4.56     | -0.25     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N359/N378  | 9.82       | 3.000        | 0.851             | 0.170   | 7.009   | 0.00      | -4.55     | -0.26     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N360/N379  | 14.90      | 3.000        | -4.202            | 0.430   | 7.526   | 0.00      | -4.90     | -0.70     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N379/N380  | 12.86      | 4.000        | -6.905            | -0.122  | 7.932   | 0.00      | -5.43     | 0.20      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N380/N381  | 3.62       | 0.000        | 10.514            | 0.414   | -7.961  | 0.00      | -5.80     | 0.76      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N381/N382  | 2.91       | 0.000        | 2.143             | 0.151   | -9.921  | 0.00      | -7.27     | 0.36      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N382/N383  | 3.05       | 0.000        | 1.646             | 0.140   | -10.127 | 0.00      | -8.21     | 0.30      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N383/N384  | 3.05       | 5.000        | 1.644             | -0.140  | 10.126  | 0.00      | -8.21     | 0.30      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N384/N385  | 2.91       | 5.000        | 2.138             | -0.151  | 9.920   | 0.00      | -7.27     | 0.37      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N385/N386  | 3.62       | 4.000        | 10.505            | -0.414  | 7.958   | 0.00      | -5.80     | 0.76      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N386/N387  | 12.85      | 0.000        | -6.917            | 0.120   | -7.932  | 0.00      | -5.43     | 0.20      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N387/N358  | 14.90      | 0.000        | -4.206            | -0.430  | -7.525  | 0.00      | -4.89     | -0.70     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N388/N374  | 14.87      | 0.000        | -9.177            | -0.064  | -8.510  | 0.00      | -6.45     | -0.10     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N389/N388  | 3.83       | 0.000        | -8.195            | -0.110  | -11.107 | 0.01      | -9.63     | -0.31     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N390/N389  | 3.44       | 0.000        | -6.888            | -0.082  | -10.519 | 0.00      | -9.06     | -0.23     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N391/N390  | 3.44       | 5.000        | -6.889            | 0.082   | 10.519  | 0.00      | -9.06     | -0.23     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N392/N391  | 3.83       | 5.000        | -8.195            | 0.110   | 11.107  | -0.01     | -9.63     | -0.31     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |
| N375/N392  | 14.83      | 4.000        | -9.178            | 0.062   | 8.510   | 0.00      | -6.45     | -0.10     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N396/N395  | 41.99      | 0.000        | 1.244             | -0.078  | 10.894  | 0.00      | 23.85     | -0.15     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N398/N397  | 41.96      | 0.000        | 1.148             | -0.097  | 10.898  | 0.00      | 23.86     | -0.14     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N414/N413  | 41.72      | 0.000        | -0.616            | -0.250  | -10.689 | 0.00      | -23.39    | -0.32     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N415/N408  | 41.90      | 0.000        | 0.420             | -0.096  | -10.889 | 0.00      | -23.84    | -0.16     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N416/N409  | 41.55      | 0.000        | 0.234             | -0.102  | -10.808 | 0.00      | -23.65    | -0.16     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N417/N410  | 41.77      | 0.000        | 0.122             | -0.254  | -10.645 | 0.00      | -23.28    | -0.41     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N418/N411  | 41.76      | 0.000        | 0.350             | -0.081  | -10.891 | 0.00      | -23.84    | -0.13     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N419/N412  | 41.24      | 0.000        | -0.099            | -0.306  | -10.427 | 0.00      | -22.79    | -0.49     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N408/N413  | 17.18      | 6.000        | -5.895            | -0.088  | 5.534   | 0.00      | -4.73     | 0.29      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N409/N408  | 13.48      | 6.000        | -3.792            | 0.069   | 5.906   | 0.00      | -5.30     | -0.21     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N410/N409  | 17.01      | 6.000        | -5.872            | 0.071   | 5.911   | 0.00      | -5.32     | -0.21     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N411/N410  | 20.81      | 6.000        | -8.036            | 0.076   | 5.938   | 0.00      | -5.36     | -0.22     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N412/N411  | 24.26      | 6.000        | -10.233           | 0.081   | 5.836   | 0.00      | -5.28     | -0.20     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N420/N388  | 48.37      | 3.000        | 0.226             | -0.015  | 10.484  | 0.00      | -29.28    | 0.04      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N421/N389  | 18.85      | 3.000        | -0.121            | -0.183  | 21.327  | 0.00      | -60.56    | 0.55      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N422/N390  | 19.82      | 3.000        | 0.150             | -0.132  | 22.732  | 0.00      | -64.77    | 0.40      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N423/N391  | 18.86      | 3.000        | -0.122            | 0.184   | 21.332  | 0.00      | -60.57    | -0.55     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N424/N392  | 48.42      | 3.000        | 0.226             | 0.015   | 10.491  | 0.00      | -29.30    | -0.05     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N425/N375  | 45.59      | 3.000        | -7.100            | -0.346  | -10.383 | 0.01      | 24.16     | 0.53      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N426/N374  | 45.64      | 3.000        | -7.274            | 0.343   | -10.423 | -0.01     | 24.19     | -0.53     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N427/N373  | 19.21      | 3.000        | -2.774            | 0.117   | -2.457  | 0.00      | 9.54      | -0.35     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N428/N376  | 22.94      | 3.000        | 1.166             | 0.038   | 5.142   | 0.00      | -13.26    | -0.12     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N382/N429  | 19.61      | 3.000        | -1.991            | 0.169   | 37.072  | 0.00      | -64.88    | -0.22     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N429/N430  | 18.21      | 0.000        | 0.149             | 0.047   | -21.447 | 0.00      | -60.92    | 0.14      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N429/N431  | 19.75      | 2.500        | 12.348            | -0.032  | 0.083   | 0.00      | 10.42     | 0.01      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N383/N431  | 20.06      | 3.000        | -2.296            | 0.000   | 38.785  | 0.00      | -67.68    | 0.00      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N431/N432  | 19.75      | 2.500        | 12.346            | 0.032   | -0.084  | 0.00      | 10.42     | 0.01      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N384/N432  | 19.62      | 3.000        | -1.991            | -0.170  | 37.075  | 0.00      | -64.89    | 0.22      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N432/N433  | 20.79      | 2.500        | 12.251            | 0.101   | -0.119  | 0.00      | 10.97     | 0.03      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N385/N433  | 11.73      | 0.000        | 4.091             | 0.534   | -7.970  | 0.00      | -33.24    | 0.95      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N433/N434  | 19.95      | 0.000        | 12.385            | 0.394   | -12.717 | 0.00      | -6.47     | 0.79      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N386/N434  | 35.88      | 0.000        | 14.215            | 0.322   | -8.400  | 0.00      | -17.20    | 0.55      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N434/N435  | 14.43      | 0.000        | -5.211            | 0.126   | -13.371 | 0.00      | -7.05     | 0.21      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N387/N435  | 25.01      | 0.000        | 8.553             | 0.211   | -6.149  | 0.00      | -12.55    | 0.31      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N435/N357  | 20.94      | 3.000        | 13.717            | -0.038  | 12.713  | 0.00      | -10.72    | 0.06      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N435/N436  | 7.71       | 0.000        | 1.922             | 0.069   | -1.855  | 0.00      | -3.40     | 0.20      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N434/N437  | 15.74      | 3.000        | -5.495            | -0.333  | 3.894   | 0.00      | -6.09     | 0.54      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N433/N438  | 6.88       | 0.000        | 0.505             | 0.100   | -8.281  | 0.00      | -21.42    | 0.30      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N432/N439  | 18.21      | 0.000        | 0.150             | -0.046  | -21.447 | 0.00      | -60.92    | -0.14     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N431/N440  | 18.82      | 0.000        | 0.036             | -0.014  | -22.337 | 0.00      | -63.59    | -0.04     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N441/N429  | 20.79      | 2.500        | 12.256            | -0.102  | 0.118   | 0.00      | 10.97     | 0.03      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N441/N442  | 6.88       | 0.000        | 0.505             | -0.100  | -8.281  | 0.00      | -21.42    | -0.30     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N443/N441  | 19.91      | 4.000        | 12.395            | -0.392  | 12.716  | 0.00      | -6.46     | 0.79      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N443/N444  | 15.67      | 3.000        | 6.196             | -0.294  | -2.515  | 0.00      | 6.21      | 0.49      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N380/N443  | 35.85      | 0.000        | 14.208            | -0.323  | -8.386  | 0.00      | -17.19    | -0.55     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N381/N441  | 11.73      | 0.000        | 4.090             | -0.533  | -7.966  | 0.00      | -33.23    | -0.95     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N379/N445  | 24.99      | 0.000        | 8.553             | -0.211  | -6.143  | 0.00      | -12.53    | -0.31     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N445/N443  | 14.44      | 4.000        | -5.202            | -0.128  | 13.371  | 0.00      | -7.05     | 0.21      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N363/N445  | 20.93      | 0.000        | 13.721            | 0.038   | -12.714 | 0.00      | -10.72    | 0.06      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N445/N446  | 7.71       | 0.000        | 1.928             | -0.068  | -1.855  | 0.00      | -3.40     | -0.20     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N450/N449  | 41.88      | 0.000        | -1.496            | -0.257  | 10.692  | 0.00      | 23.39     | -0.33     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N451/N395  | 14.60      | 0.000        | -3.804            | 0.050   | -6.363  | 0.00      | -7.08     | 0.14      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N452/N451  | 41.81      | 0.000        | -0.131            | -0.177  | 10.813  | 0.00      | 23.67     | -0.23     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N453/N451  | 18.58      | 6.000        | -5.865            | -0.073  | 5.936   | 0.00      | -6.84     | 0.22      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N454/N453  | 41.61      | 0.000        | -0.242            | -0.197  | 10.650  | 0.00      | 23.29     | -0.35     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N397/N453  | 22.60      | 6.000        | -8.146            | -0.076  | 6.307   | 0.00      | -6.97     | 0.22      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N455/N397  | 26.10      | 0.000        | -10.299           | -0.084  | -5.829  | 0.00      | -5.99     | -0.30     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N456/N455  | 41.39      | 0.000        | -0.927            | -0.319  | 10.425  | 0.00      | 22.79     | -0.50     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N457/N455  | 29.73      | 6.000        | -12.546           | 0.015   | 7.126   | 0.00      | -8.46     | -0.05     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N399/N457  | 18.83      | 3.000        | -7.912            | -0.173  | 6.672   | 0.00      | -8.08     | 0.46      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N377/N567  | 18.52      | 0.000        | -4.993            | 0.049   | -7.449  | 0.00      | -10.25    | 0.08      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N567/N570  | 12.42      | 0.000        | 3.819             | -0.070  | 5.095   | 0.00      | 6.70      | -0.08     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N570/N447  | 15.25      | 0.500        | -4.993            | 0.074   | -4.804  | 0.00      | 8.13      | -0.10     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N399/N447  | 11.12      | 0.000        | 1.080             | 0.156   | -7.863  | 0.00      | -5.24     | 0.27      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N395/N449  | 19.90      | 6.000        | -5.943            | 0.091   | 6.080   | 0.00      | -7.26     | -0.30     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N449/N393  | 24.42      | 0.000        | -8.472            | 0.008   | -8.438  | 0.00      | -10.21    | -0.03     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N413/N459  | 23.60      | 4.125        | -8.361            | -0.012  | -0.205  | 0.00      | 9.18      | 0.07      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N461/N412  | 27.17      | 6.000        | -12.428           | -0.012  | 6.658   | 0.00      | -6.22     | 0.04      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N401/N461  | 19.32      | 3.000        | -7.874            | 0.174   | 6.786   | 0.00      | -8.38     | -0.46     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N448/N401  | 11.12      | 4.000        | 1.090             | -0.157  | 7.860   | 0.00      | -5.24     | 0.27      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N378/N569  | 18.58      | 0.000        | -4.992            | -0.090  | -7.441  | 0.01      | -10.24    | -0.09     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N569/N568  | 12.50      | 0.000        | 3.812             | 0.073   | 5.088   | 0.00      | 6.70      | 0.09      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N568/N448  | 15.15      | 0.500        | -4.992            | -0.034  | -4.799  | -0.01     | 8.13      | 0.09      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N361/N448  | 12.45      | 0.000        | -2.844            | 0.189   | -11.216 | 0.00      | -5.61     | 0.31      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N463/N352  | 96.77      | 0.000        | -23.936           | 0.033   | -12.157 | 0.00      | -9.05     | 0.03      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N464/N463  | 78.95      | 0.000        | -66.850           | -0.006  | -64.910 | 0.00      | -32.88    | -0.01     | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N464/N469  | 8.93       | 6.000        | -0.546            | -0.025  | 5.800   | 0.00      | -4.97     | 0.08      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N469/N470  | 8.81       | 0.000        | -0.106            | 0.027   | -5.759  | 0.00      | -5.03     | 0.06      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N470/N471  | 12.89      | 0.000        | -0.131            | -0.170  | -6.200  | 0.01      | -5.02     | -0.54     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N465/N464  | 9.58       | 0.000        | 0.440             | 0.041   | -5.854  | 0.00      | -5.17     | 0.12      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N466/N465  | 9.35       | 6.000        | -0.663            | -0.037  | 5.876   | 0.00      | -5.08     | 0.10      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N467/N466  | 12.55      | 0.000        | 0.729             | 0.013   | -6.311  | 0.00      | -7.42     | 0.03      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N468/N467  | 17.97      | 6.000        | 0.477             | 0.261   | 6.488   | -0.01     | -6.82     | -0.79     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N472/N353  | 95.26      | 0.000        | -22.657           | 0.058   | -11.882 | 0.00      | -8.95     | 0.04      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N465/N472  | 77.52      | 0.000        | -65.511           | -0.001  | -64.732 | 0.00      | -32.39    | 0.01      | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N473/N354  | 96.31      | 0.000        | -23.670           | 0.049   | -12.029 | 0.00      | -9.00     | 0.04      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N466/N473  | 78.97      | 0.000        | -66.570           | 0.006   | -64.879 | 0.00      | -32.79    | 0.03      | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N474/N355  | 96.55      | 0.000        | -22.480           | 0.320   | -11.812 | 0.00      | -8.92     | 0.18      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N467/N474  | 78.40      | 0.000        | -65.295           | 0.032   | -64.670 | 0.00      | -32.21    | 0.12      | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N468/N475  | 84.38      | 0.000        | -51.270           | 0.262   | -31.430 | 0.00      | -19.52    | 0.53      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N476/N351  | 94.96      | 0.000        | -22.686           | 0.020   | -11.890 | 0.00      | -8.95     | 0.01      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N469/N476  | 77.69      | 0.000        | -65.535           | -0.013  | -64.736 | 0.00      | -32.40    | -0.02     | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N477/N350  | 96.09      | 0.000        | -23.478           | -0.141  | -11.963 | 0.00      | -8.97     | -0.05     | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N470/N477  | 79.14      | 0.000        | -66.400           | -0.021  | -64.831 | 0.00      | -32.65    | -0.07     | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N471/N478  | 66.14      | 0.000        | -40.594           | -0.268  | -30.250 | 0.00      | -14.66    | -0.48     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N116/N87   | 50.99      | 3.264        | -2.702            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N116/N147  | 49.07      | 3.264        | -2.554            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N236/N207  | 46.79      | 3.264        | -2.380            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N236/N267  | 47.92      | 3.264        | -2.466            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N266/N237  | 33.40      | 3.264        | -1.354            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N206/N237  | 34.22      | 3.264        | -1.416            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N146/N117  | 34.65      | 3.264        | -1.450            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N86/N117   | 34.69      | 3.264        | -1.453            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N86/N57  | 34.74      | 3.264        | -1.456            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N56/N87  | 50.47      | 3.264        | -2.662            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N56/N27  | 21.91      | 1.976        | -3.375            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.12      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N26/N57  | 13.73      | 1.976        | -1.765            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.12      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N240/N271  | 61.25      | 3.387        | -3.668            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N270/N241  | 55.79      | 3.387        | -3.229            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N210/N241  | 52.68      | 3.387        | -2.979            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N150/N121  | 52.76      | 3.387        | -2.986            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N90/N121   | 49.89      | 3.387        | -2.754            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N90/N61  | 52.31      | 3.387        | -2.949            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N30/N61  | 24.26      | 2.172        | -3.609            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.13      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N60/N31  | 29.71      | 2.172        | -4.632            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.13      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N60/N91  | 58.97      | 3.387        | -3.485            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N120/N91   | 60.80      | 3.387        | -3.632            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N120/N151  | 59.24      | 3.387        | -3.507            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N240/N211  | 62.81      | 3.387        | -3.793            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N223/N194  | 47.12      | 3.264        | -2.405            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N103/N134  | 49.36      | 3.264        | -2.577            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N103/N74   | 51.26      | 3.264        | -2.723            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N43/N74  | 50.75      | 3.264        | -2.683            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N43/N14  | 22.03      | 1.976        | -3.399            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.12      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N13/N44  | 13.71      | 1.976        | -1.761            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.12      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N73/N44  | 34.85      | 3.264        | -1.465            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N73/N104   | 34.63      | 3.264        | -1.448            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N133/N104  | 34.77      | 3.264        | -1.459            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N193/N224  | 34.15      | 3.264        | -1.411            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N253/N224  | 33.54      | 3.264        | -1.365            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N223/N254  | 47.74      | 3.264        | -2.453            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N227/N198  | 62.80      | 3.387        | -3.793            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N107/N138  | 59.22      | 3.387        | -3.505            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N107/N78   | 60.79      | 3.387        | -3.631            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N47/N78  | 58.94      | 3.387        | -3.483            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N77/N108   | 49.87      | 3.387        | -2.753            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N137/N108  | 52.74      | 3.387        | -2.984            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N197/N228  | 52.67      | 3.387        | -2.978            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N257/N228  | 55.77      | 3.387        | -3.227            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N227/N258  | 61.27      | 3.387        | -3.670            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N231/N202  | 53.13      | 3.528        | -3.258            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N111/N142  | 54.62      | 3.528        | -3.387            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N111/N82   | 53.87      | 3.528        | -3.322            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N51/N82  | 54.80      | 3.528        | -3.402            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |                     |                     |                       |                       |                       |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |                     |                     |                       |                       |                       |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |                     |                     |                       |                       |                       | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)            | V <sub>y</sub> (kN) | V <sub>z</sub> (kN) | M <sub>t</sub> (kN-m) | M <sub>y</sub> (kN-m) | M <sub>z</sub> (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N81/N112   | 39.85      | 3.528        | -2.110            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N141/N112  | 38.55      | 3.528        | -1.998            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N201/N232  | 39.28      | 3.528        | -2.061            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N261/N232  | 37.91      | 3.528        | -1.943            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N231/N262  | 54.16      | 3.528        | -3.347            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N244/N215  | 53.13      | 3.528        | -3.258            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N124/N155  | 54.62      | 3.528        | -3.387            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N124/N95   | 53.87      | 3.528        | -3.322            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N64/N95  | 54.81      | 3.528        | -3.403            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N94/N125   | 39.86      | 3.528        | -2.111            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N154/N125  | 38.56      | 3.528        | -1.998            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N214/N245  | 39.29      | 3.528        | -2.062            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N274/N245  | 37.92      | 3.528        | -1.943            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N244/N275  | 54.17      | 3.528        | -3.348            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N266/N479  | 25.28      | 1.976        | -1.616            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N270/N480  | 63.51      | 2.172        | -4.093            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N274/N481  | 51.90      | 2.089        | -2.696            | 0.000               | -0.011              | 0.00                  | 0.10                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N261/N482  | 51.89      | 2.089        | -2.695            | 0.000               | -0.011              | 0.00                  | 0.10                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N257/N483  | 63.49      | 2.172        | -4.091            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N253/N484  | 25.19      | 1.976        | -1.609            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N26/N485   | 26.73      | 1.976        | -1.741            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N30/N486   | 59.47      | 2.172        | -3.799            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N94/N65  | 38.13      | 3.528        | -1.961            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N34/N65  | 20.55      | 2.089        | -2.834            | 0.000               | -0.016              | 0.00                  | 0.15                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N64/N35  | 29.99      | 2.089        | -4.573            | 0.000               | -0.016              | 0.00                  | 0.15                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N34/N487   | 50.02      | 2.089        | -2.581            | 0.000               | -0.011              | 0.00                  | 0.10                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N81/N52  | 38.12      | 3.528        | -1.960            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.45                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N21/N52  | 17.90      | 2.089        | -2.833            | 0.000               | -0.016              | 0.00                  | 0.15                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N51/N22  | 29.99      | 2.089        | -4.572            | 0.000               | -0.016              | 0.00                  | 0.15                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N21/N488   | 50.00      | 2.089        | -2.580            | 0.000               | -0.011              | 0.00                  | 0.10                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N77/N48  | 52.29      | 3.387        | -2.947            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.41                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N17/N48  | 24.29      | 2.172        | -3.616            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.13                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N47/N18  | 29.70      | 2.172        | -4.629            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.13                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N17/N489   | 59.42      | 2.172        | -3.796            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N13/N490   | 26.83      | 1.976        | -1.750            | 0.000               | 0.000               | 0.00                  | 0.09                  | 0.00                  | GV     | 2.8  | 692                                | Cumple |
| N473/N472  | 9.88       | 0.000        | -1.690            | -0.061              | -5.559              | 0.00                  | -4.89                 | -0.18                 | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N472/N463  | 9.60       | 0.000        | -2.331            | -0.033              | -5.568              | 0.00                  | -4.93                 | -0.10                 | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N463/N476  | 11.81      | 0.000        | -2.929            | -0.075              | -5.585              | 0.00                  | -4.94                 | -0.23                 | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N476/N477  | 12.21      | 0.000        | -3.471            | -0.062              | -5.479              | 0.00                  | -4.85                 | -0.18                 | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N477/N478  | 15.75      | 0.000        | -3.883            | -0.095              | -6.329              | -0.01                 | -5.65                 | -0.40                 | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N281/N373  | 17.23      | 0.000        | -41.633           | -1.496              | -11.981             | 0.02                  | -37.55                | -4.85                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N373/N290  | 8.29       | 1.793        | -14.061           | -0.498              | -2.215              | 0.00                  | 19.80                 | -2.08                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N283/N388  | 28.40      | 0.000        | -41.309           | 0.258               | 14.891              | -0.02                 | 88.36                 | 0.45                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N388/N292  | 8.21       | 0.000        | -15.538           | 0.120               | -7.174              | 0.00                  | -23.01                | 0.81                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N282/N374  | 19.36      | 0.000        | -26.810           | 0.410               | 10.704              | -0.01                 | 59.30                 | 0.72                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N374/N507  | 13.10      | 0.000        | -13.654           | -1.292              | 12.311              | 0.00                  | 31.66                 | -3.63                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N507/N291  | 5.65       | 0.000        | -8.934            | 12.790              | 5.445               | 0.00                  | 2.14                  | 4.87                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N284/N389  | 34.63      | 0.000        | -61.584           | 0.032               | 14.303              | -0.01                 | 106.57                | 0.06                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N389/N293  | 13.20      | 0.000        | -18.149           | 0.012               | -7.555              | 0.00                  | -40.76                | 0.09                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N285/N390  | 35.73      | 0.000        | -49.693           | 0.001               | 14.561              | 0.00                  | 112.53                | 0.00                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N390/N280  | 13.18      | 0.000        | -24.356           | 0.000               | -9.871              | 0.00                  | -39.28                | 0.00                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N286/N391  | 34.62      | 0.000        | -61.575           | -0.029              | 14.302              | 0.01                  | 106.55                | -0.06                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N391/N294  | 13.21      | 0.000        | -18.147           | -0.012              | -7.555              | 0.00                  | -40.76                | -0.09                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N287/N392  | 28.40      | 0.000        | -41.300           | -0.256              | 14.901              | 0.02                  | 88.36                 | -0.45                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N392/N295  | 8.21       | 0.000        | -15.535           | -0.120              | -7.172              | 0.00                  | -22.99                | -0.81                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N288/N375  | 19.45      | 0.000        | -26.849           | -0.409              | 10.817              | 0.01                  | 59.61                 | -0.72                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N375/N508  | 13.01      | 0.000        | -13.653           | 1.290               | 12.264              | 0.00                  | 31.36                 | 3.63                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N508/N296  | 5.65       | 0.000        | -8.932            | -12.800             | 5.425               | 0.00                  | 2.14                  | -4.88                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N289/N376  | 17.27      | 0.000        | -42.174           | 1.495               | -12.149             | -0.02                 | -37.64                | 4.84                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N376/N297  | 8.12       | 2.091        | -13.376           | 0.498               | -1.364              | 0.00                  | 19.75                 | 1.93                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N298/N377  | 15.52      | 0.000        | -54.525           | -1.601              | 11.253              | -0.01                 | 33.20                 | -3.64                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N377/N387  | 7.97       | 0.000        | -37.835           | -0.204              | 5.608               | -0.02                 | 19.53                 | -0.47                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N387/N314  | 9.46       | 0.000        | -14.912           | 0.378               | 9.925               | 0.00                  | 23.13                 | 2.26                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N299/N386  | 14.47      | 0.000        | -31.217           | 0.212               | -6.829              | 0.02                  | -43.00                | 0.37                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N386/N510  | 14.46      | 0.000        | -12.765           | 1.348               | 13.078              | 0.00                  | 36.34                 | 3.66                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N510/N313  | 4.01       | 0.000        | 1.934             | -11.537             | -0.769              | 0.00                  | -0.43                 | -4.40                 | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N300/N385  | 24.98      | 0.000        | -21.179           | 0.152               | -18.625             | 0.01                  | -80.68                | 0.26                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N385/N312  | 11.89      | 0.000        | -14.039           | 0.242               | 13.728              | 0.00                  | 33.35                 | 1.63                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N301/N384  | 29.25      | 0.000        | -7.611            | 0.007               | -23.067             | 0.00                  | -98.05                | 0.02                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N384/N311  | 12.04      | 0.000        | -15.674           | 0.084               | 15.489              | 0.00                  | 36.42                 | 0.61                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N302/N383  | 30.23      | 0.000        | 4.398             | -0.002              | -23.720             | 0.00                  | -102.01               | 0.00                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N383/N5  | 13.19      | 0.000        | -32.809           | 0.000               | 15.987              | 0.00                  | 37.42                 | 0.00                  | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|-------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |       |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N303/N382  | 29.25 | 0.000        | -7.612            | -0.011  | -23.065 | 0.00      | -98.03    | -0.02     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N382/N310  | 12.04 | 0.000        | -15.674           | -0.084  | 15.488  | 0.00      | 36.41     | -0.61     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N304/N381  | 24.99 | 0.000        | -21.179           | -0.154  | -18.630 | -0.01     | -80.68    | -0.27     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N381/N309  | 11.89 | 0.000        | -14.040           | -0.242  | 13.726  | 0.00      | 33.34     | -1.63     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N305/N380  | 14.54 | 0.000        | -31.212           | -0.215  | -6.904  | -0.02     | -43.19    | -0.38     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N380/N509  | 14.45 | 0.000        | -12.766           | -1.348  | 13.072  | 0.00      | 36.31     | -3.66     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N509/N308  | 4.01  | 0.000        | 1.933             | 11.540  | -0.775  | 0.00      | -0.44     | 4.40      | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N306/N378  | 15.52 | 0.000        | -54.542           | 1.590   | 11.256  | 0.01      | 33.23     | 3.62      | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N378/N379  | 7.98  | 0.000        | -37.834           | 0.212   | 5.604   | 0.02      | 19.51     | 0.49      | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N379/N307  | 9.46  | 0.000        | -14.914           | -0.378  | 9.921   | 0.00      | 23.10     | -2.26     | GV     | 1.0  | 630                                | Cumple |
| N312/N316  | 31.06 | 1.500        | -14.009           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.23      | 0.00      | GV     | 2.0  | 679                                | Cumple |
| N365/N500  | 96.45 | 1.350        | -22.489           | -0.320  | 11.797  | 0.00      | -8.91     | 0.18      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N366/N501  | 96.26 | 1.350        | -23.686           | -0.050  | 12.018  | 0.00      | -8.99     | 0.04      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N367/N502  | 95.18 | 1.350        | -22.672           | -0.058  | 11.870  | 0.00      | -8.94     | 0.04      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N368/N503  | 96.69 | 1.350        | -23.950           | -0.032  | 12.145  | 0.00      | -9.04     | 0.02      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N369/N504  | 94.88 | 1.350        | -22.701           | -0.020  | 11.879  | 0.00      | -8.95     | 0.01      | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N370/N505  | 96.01 | 1.350        | -23.491           | 0.140   | 11.951  | 0.00      | -8.96     | -0.05     | GV     | 2.6  | 657                                | Cumple |
| N491/N506  | 66.16 | 0.000        | -40.685           | 0.266   | -30.208 | 0.00      | -14.62    | 0.48      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N492/N505  | 79.21 | 0.000        | -66.507           | 0.021   | -64.799 | 0.00      | -32.65    | 0.07      | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N505/N506  | 15.75 | 0.000        | -3.852            | 0.097   | -6.333  | 0.01      | -5.68     | 0.41      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N492/N491  | 12.89 | 0.000        | -0.147            | 0.169   | -6.201  | -0.01     | -5.03     | 0.54      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N493/N492  | 8.82  | 0.000        | -0.119            | -0.028  | -5.756  | 0.00      | -5.02     | -0.07     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N494/N493  | 8.96  | 6.000        | -0.579            | 0.026   | 5.798   | 0.00      | -4.97     | -0.08     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N495/N494  | 9.52  | 0.000        | 0.425             | -0.041  | -5.844  | 0.00      | -5.13     | -0.12     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N496/N495  | 9.29  | 6.000        | -0.720            | 0.037   | 5.821   | 0.00      | -5.03     | -0.11     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N497/N496  | 9.39  | 0.000        | 0.666             | -0.016  | -5.911  | 0.00      | -5.44     | -0.04     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N499/N500  | 13.84 | 6.000        | 0.675             | -0.249  | 5.907   | -0.01     | -4.75     | 0.69      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N500/N501  | 10.54 | 0.000        | 0.397             | 0.071   | -5.608  | 0.00      | -5.17     | 0.23      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N501/N502  | 9.88  | 0.000        | -1.675            | 0.061   | -5.558  | 0.00      | -4.90     | 0.18      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N502/N503  | 9.59  | 0.000        | -2.312            | 0.033   | -5.567  | 0.00      | -4.95     | 0.10      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N503/N504  | 11.79 | 0.000        | -2.907            | 0.075   | -5.584  | 0.00      | -4.96     | 0.23      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N504/N505  | 12.17 | 0.000        | -3.444            | 0.061   | -5.477  | 0.00      | -4.87     | 0.18      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N493/N504  | 77.76 | 0.000        | -65.645           | 0.012   | -64.706 | 0.00      | -32.40    | 0.02      | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N494/N503  | 79.01 | 0.000        | -66.958           | 0.005   | -64.878 | 0.00      | -32.88    | 0.00      | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N495/N502  | 77.65 | 0.000        | -65.621           | 0.000   | -64.700 | 0.00      | -32.39    | -0.01     | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N496/N501  | 78.93 | 0.000        | -66.680           | -0.003  | -64.847 | 0.00      | -32.79    | -0.02     | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N497/N500  | 78.48 | 0.000        | -65.399           | -0.032  | -64.640 | 0.00      | -32.21    | -0.11     | GV     | 2.0  | 645                                | Cumple |
| N498/N499  | 84.88 | 0.000        | -51.346           | -0.271  | -31.405 | 0.00      | -19.50    | -0.56     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N498/N497  | 14.29 | 6.000        | 0.376             | -0.248  | 6.123   | 0.01      | -4.87     | 0.73      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |
| N453/N465  | 86.80 | 1.450        | 10.877            | -0.007  | 13.620  | 0.00      | -10.70    | 0.01      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N395/N469  | 87.45 | 1.450        | 10.855            | -0.068  | 13.632  | 0.00      | -10.71    | 0.04      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N397/N466  | 87.09 | 1.450        | 10.845            | 0.042   | 13.637  | 0.00      | -10.71    | -0.02     | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N449/N470  | 89.59 | 1.450        | 10.883            | 0.354   | 13.486  | 0.00      | -10.62    | -0.22     | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N451/N464  | 86.70 | 1.450        | 10.812            | -0.013  | 13.576  | 0.00      | -10.67    | 0.01      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N455/N467  | 91.45 | 1.450        | 10.694            | -0.609  | 13.265  | 0.00      | -10.49    | 0.41      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N493/N408  | 87.48 | 0.000        | 10.855            | 0.065   | -13.637 | 0.00      | -10.71    | 0.04      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N494/N409  | 86.77 | 0.000        | 10.806            | 0.018   | -13.574 | 0.00      | -10.68    | 0.02      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N495/N410  | 86.82 | 0.000        | 10.870            | 0.007   | -13.619 | 0.00      | -10.70    | 0.01      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N496/N411  | 87.11 | 0.000        | 10.844            | -0.040  | -13.638 | 0.00      | -10.71    | -0.02     | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N497/N412  | 91.21 | 0.000        | 10.682            | 0.585   | -13.271 | 0.00      | -10.49    | 0.39      | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N492/N413  | 89.51 | 0.000        | 10.869            | -0.344  | -13.483 | 0.00      | -10.62    | -0.22     | GV     | 2.8  | 632                                | Cumple |
| N491/N459  | 60.46 | 0.000        | 5.629             | -0.619  | -4.669  | 0.00      | -4.08     | -0.47     | GV     | 2.4  | 685                                | Cumple |
| N276/N371  | 46.81 | 0.000        | 15.612            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N246/N372  | 36.99 | 0.000        | 12.335            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N393/N471  | 60.64 | 1.450        | 5.672             | 0.631   | 4.667   | 0.00      | -4.08     | -0.48     | GV     | 2.4  | 685                                | Cumple |
| N278/N349  | 46.96 | 0.000        | 15.659            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N248/N345  | 37.16 | 0.000        | 12.393            | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 1.4  | 680                                | Cumple |
| N406/N441  | 59.37 | 0.000        | -59.882           | 1.952   | -0.525  | 0.00      | -0.99     | 5.84      | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N405/N429  | 91.65 | 5.310        | -57.657           | -4.336  | 0.001   | 0.00      | -0.03     | 12.72     | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N404/N431  | 95.59 | 5.310        | -59.847           | -4.479  | -0.001  | 0.00      | 0.00      | 13.16     | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N403/N432  | 91.66 | 5.310        | -57.656           | -4.337  | -0.003  | 0.00      | 0.03      | 12.72     | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N402/N433  | 59.37 | 0.000        | -59.887           | 1.953   | 0.522   | 0.00      | 0.99      | 5.84      | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N407/N401  | 18.49 | 0.000        | -37.479           | -0.984  | -0.261  | 0.00      | -0.68     | -2.71     | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N401/N443  | 47.77 | 2.250        | -30.078           | 8.623   | 0.947   | -0.01     | -0.51     | -10.85    | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N400/N399  | 18.36 | 0.000        | -37.565           | -0.962  | 0.251   | 0.00      | 0.66      | -2.68     | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N399/N434  | 47.80 | 2.250        | -30.050           | 8.627   | -0.947  | 0.01      | 0.51      | -10.86    | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |
| N460/N459  | 24.19 | 0.000        | -34.160           | 0.662   | -5.646  | 0.00      | -10.04    | 0.54      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |
| N459/N425  | 65.36 | 2.250        | -45.281           | -7.952  | -5.589  | -0.01     | 12.06     | 10.47     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |
| N394/N393  | 23.85 | 0.000        | -33.775           | 0.572   | 5.655   | 0.00      | 10.05     | 0.45      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |
| N393/N426  | 65.93 | 2.250        | -45.117           | -8.143  | 5.619   | 0.01      | -12.14    | 10.59     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |
| N462/N461  | 18.33 | 0.000        | -27.305           | -0.487  | 4.025   | 0.00      | 6.56      | -0.85     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |
| N461/N444  | 43.02 | 2.250        | -26.674           | -6.935  | -3.474  | 0.00      | 7.17      | 7.38      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N458/N457  | 18.09      | 0.000        | -26.837           | -0.440  | -4.024  | 0.00      | -6.56     | -0.80     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N457/N437  | 42.92      | 2.250        | -26.674           | -6.887  | 3.463   | 0.00      | -7.15     | 7.36      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N507/N290  | 55.06      | 2.000        | -16.984           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N373/N507  | 83.97      | 0.000        | 4.330             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N374/N290  | 76.28      | 0.000        | 3.934             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N281/N374  | 40.96      | 0.000        | 2.112             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N282/N373  | 39.04      | 0.000        | 2.013             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N297/N508  | 55.09      | 2.000        | -16.994           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N375/N297  | 76.35      | 0.000        | 3.937             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N376/N508  | 83.91      | 0.000        | 4.327             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N288/N376  | 39.05      | 0.000        | 2.014             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N289/N375  | 40.96      | 0.000        | 2.112             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N307/N509  | 35.92      | 2.000        | -10.908           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N510/N314  | 35.91      | 2.000        | -10.905           | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.51      | 0.00      | GV     | 2.2  | 690                                | Cumple |  |
| N379/N509  | 54.52      | 0.000        | 2.811             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N380/N307  | 61.50      | 0.000        | 3.171             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N306/N380  | 27.32      | 0.000        | 1.409             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N305/N379  | 26.43      | 0.000        | 1.363             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N386/N314  | 61.52      | 0.000        | 3.172             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N387/N510  | 54.51      | 0.000        | 2.811             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N299/N387  | 26.37      | 0.000        | 1.360             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N298/N386  | 27.38      | 0.000        | 1.412             | 0.000   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | GV     | 3.2  | 696                                | Cumple |  |
| N511/N447  | 27.55      | 0.000        | -54.688           | 1.547   | 0.409   | 0.00      | 0.80      | 3.17      | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |  |
| N447/N435  | 35.60      | 2.250        | -18.929           | -6.353  | 0.405   | 0.00      | -1.12     | 8.18      | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |  |
| N447/N347  | 12.46      | 3.000        | -2.822            | -0.193  | 11.211  | 0.00      | -5.60     | 0.32      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N512/N448  | 27.55      | 0.000        | -54.669           | 1.546   | -0.417  | 0.00      | -0.81     | 3.16      | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |  |
| N448/N445  | 35.57      | 2.250        | -18.935           | -6.348  | -0.401  | 0.00      | 1.12      | 8.17      | GV     | 1.2  | 691                                | Cumple |  |
| N513/N466  | 91.72      | 3.060        | -101.663          | -0.241  | -22.738 | 0.00      | 42.11     | 0.40      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N514/N468  | 39.27      | 3.060        | -78.193           | -0.741  | -7.451  | 0.00      | 13.20     | 1.46      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N515/N467  | 89.31      | 3.060        | -103.069          | -0.076  | -22.011 | 0.00      | 41.10     | 0.06      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N516/N465  | 90.00      | 3.060        | -101.847          | -0.149  | -22.226 | 0.00      | 41.39     | 0.21      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N517/N464  | 91.75      | 3.060        | -102.307          | -0.165  | -22.865 | 0.00      | 42.28     | 0.24      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N518/N469  | 90.03      | 3.060        | -101.701          | -0.152  | -22.245 | 0.00      | 41.42     | 0.21      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N519/N470  | 91.56      | 3.060        | -102.766          | -0.254  | -22.570 | 0.00      | 41.88     | 0.43      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N520/N471  | 47.81      | 3.060        | -52.617           | 0.586   | -11.416 | 0.00      | 20.48     | -1.34     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N474/N473  | 10.50      | 0.000        | 0.397             | -0.071  | -5.607  | 0.00      | -5.14     | -0.23     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N475/N474  | 13.81      | 6.000        | 0.687             | 0.250   | 5.904   | 0.01      | -4.72     | -0.69     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N521/N474  | 72.06      | 5.310        | -96.646           | -0.014  | 9.105   | 0.00      | -28.81    | 0.01      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N522/N475  | 30.98      | 5.310        | -64.417           | -0.331  | 2.063   | 0.00      | -6.37     | 1.15      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N523/N473  | 72.81      | 5.310        | -96.071           | -0.048  | 9.212   | 0.00      | -29.08    | 0.13      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N524/N472  | 72.74      | 5.310        | -96.118           | -0.045  | 9.202   | 0.00      | -29.06    | 0.12      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N525/N463  | 72.63      | 5.310        | -95.894           | -0.048  | 9.181   | 0.00      | -29.01    | 0.12      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N526/N476  | 72.77      | 5.310        | -96.049           | -0.046  | 9.213   | 0.00      | -29.08    | 0.11      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N527/N477  | 72.88      | 5.310        | -96.696           | -0.082  | 9.124   | 0.00      | -28.85    | 0.24      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N528/N478  | 31.49      | 5.310        | -58.602           | 0.700   | 1.340   | 0.00      | -4.76     | -2.06     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N529/N506  | 31.29      | 5.310        | -60.441           | 0.273   | -2.732  | 0.00      | 8.42      | -1.00     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N530/N505  | 73.03      | 5.310        | -96.676           | -0.082  | -9.149  | 0.00      | 28.93     | 0.24      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N531/N504  | 72.91      | 5.310        | -96.023           | -0.046  | -9.235  | 0.00      | 29.16     | 0.11      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N532/N503  | 72.77      | 5.310        | -95.869           | -0.048  | -9.205  | 0.00      | 29.09     | 0.13      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N533/N502  | 72.88      | 5.310        | -96.093           | -0.044  | -9.225  | 0.00      | 29.14     | 0.12      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N534/N501  | 72.95      | 5.310        | -96.048           | -0.049  | -9.235  | 0.00      | 29.16     | 0.13      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N535/N500  | 72.21      | 5.310        | -96.618           | -0.014  | -9.131  | 0.00      | 28.89     | 0.01      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N536/N499  | 31.01      | 5.310        | -64.481           | -0.330  | -2.071  | 0.00      | 6.40      | 1.15      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N537/N491  | 47.78      | 3.060        | -52.645           | 0.586   | 11.407  | 0.00      | -20.46    | -1.34     | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N538/N492  | 91.58      | 3.060        | -102.812          | -0.252  | 22.581  | 0.00      | -41.89    | 0.43      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N539/N493  | 90.06      | 3.060        | -101.745          | -0.151  | 22.256  | 0.00      | -41.43    | 0.21      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N540/N494  | 91.77      | 3.060        | -102.366          | -0.163  | 22.876  | 0.00      | -42.30    | 0.24      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N541/N495  | 90.06      | 3.060        | -101.825          | -0.158  | 22.236  | 0.00      | -41.41    | 0.23      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N542/N496  | 91.47      | 3.060        | -102.166          | -0.171  | 22.748  | 0.00      | -42.12    | 0.26      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N543/N497  | 89.16      | 3.060        | -102.354          | -0.065  | 22.023  | 0.00      | -41.11    | 0.03      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N544/N498  | 40.20      | 3.060        | -78.598           | -0.855  | 7.447   | 0.00      | -13.19    | 1.70      | GV     | 1.4  | 660                                | Cumple |  |
| N545/N546  | 1.46       | 0.280        | 0.147             | 0.000   | 0.616   | 0.00      | -0.18     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N547/N546  | 6.45       | 0.000        | -0.251            | 0.000   | 0.113   | 0.00      | 0.82      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N547/N548  | 6.43       | 0.000        | -0.269            | 0.000   | -0.055  | 0.00      | -0.82     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N549/N548  | 6.41       | 2.753        | 0.113             | 0.000   | -0.094  | 0.00      | 0.83      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N555/N549  | 0.83       | 0.000        | -0.783            | 0.000   | 0.269   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N550/N551  | 1.55       | 0.280        | 0.200             | 0.000   | -0.645  | 0.00      | 0.19      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N552/N551  | 6.68       | 0.000        | -0.378            | 0.000   | -0.126  | 0.00      | -0.84     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N552/N553  | 6.64       | 0.000        | -0.381            | 0.000   | 0.116   | 0.00      | 0.84      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N554/N553  | 6.60       | 2.753        | 0.173             | 0.000   | 0.102   | 0.00      | -0.85     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N556/N554  | 1.03       | 0.000        | -0.844            | 0.000   | -0.381  | 0.00      | -0.08     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N559/N558  | 5.96       | 0.000        | 0.188             | 0.000   | -0.047  | 0.00      | -0.76     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N561/N560  | 0.75       | 0.000        | -0.737            | 0.000   | 0.229   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N560/N559  | 5.95       | 2.753        | 0.180             | 0.000   | 0.070   | 0.00      | -0.76     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N558/N557  | 5.78       | 0.000        | -0.192            | 0.000   | -0.126  | 0.00      | -0.74     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N566/N565  | 0.95       | 0.000        | -0.802            | 0.000   | -0.342  | 0.00      | -0.07     | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N565/N564  | 6.11       | 2.753        | 0.240             | 0.000   | -0.077  | 0.00      | 0.78      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N564/N563  | 6.11       | 0.000        | 0.240             | 0.000   | 0.077   | 0.00      | 0.78      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N563/N562  | 6.09       | 0.000        | -0.322            | 0.000   | 0.137   | 0.00      | 0.77      | 0.00      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N567/N557  | 1.46       | 0.000        | -0.459            | 0.229   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.03      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N568/N550  | 2.16       | 0.000        | -0.404            | -0.381  | 0.000   | 0.00      | 0.00      | -0.05     | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N570/N562  | 1.95       | 0.000        | -0.394            | 0.342   | 0.000   | 0.00      | 0.00      | 0.05      | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N475/N356  | 46.51      | 0.000        | -21.762           | 1.579   | -18.688 | 0.00      | -17.03    | 1.64      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N437/N436  | 42.44      | 0.000        | 17.374            | -0.394  | -13.564 | 0.00      | -20.76    | -0.56     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N436/N475  | 24.26      | 0.000        | 7.777             | -2.282  | -0.070  | 0.00      | 5.99      | -1.50     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N364/N499  | 46.37      | 1.350        | -21.770           | -1.572  | 18.649  | 0.00      | -16.98    | 1.64      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N499/N446  | 24.26      | 1.650        | 7.793             | 2.285   | 0.065   | 0.00      | 5.98      | -1.50     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N446/N444  | 42.38      | 4.000        | 17.384            | 0.391   | 13.563  | 0.00      | -20.76    | -0.55     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N478/N349  | 50.88      | 0.000        | 16.400            | 2.055   | -14.460 | 0.00      | -18.11    | 2.08      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N426/N427  | 44.30      | 0.000        | 25.319            | 0.490   | -14.209 | 0.00      | -20.64    | 0.61      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N427/N478  | 32.29      | 0.000        | 25.202            | -2.284  | 3.082   | 0.00      | 9.43      | -1.35     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N371/N506  | 51.07      | 1.350        | 16.391            | -2.049  | 14.583  | 0.00      | -18.29    | 2.07      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N506/N428  | 32.96      | 1.650        | 25.163            | 2.257   | -3.617  | 0.00      | 9.97      | -1.33     | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N428/N425  | 44.45      | 4.000        | 25.288            | -0.479  | 14.395  | 0.00      | -20.83    | 0.59      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N569/N545  | 1.67       | 0.000        | -0.466            | -0.269  | 0.000   | 0.00      | 0.00      | -0.04     | GV     | 2.6  | 677                                | Cumple |  |
| N468/N346  | 45.10      | 5.550        | -24.243           | -0.059  | 10.586  | 0.00      | -8.18     | 0.16      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N457/N468  | 43.53      | 1.450        | -3.310            | -1.668  | 16.169  | 0.01      | -18.71    | 1.43      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N498/N461  | 43.67      | 0.000        | -3.315            | 1.684   | -16.171 | -0.01     | -18.70    | 1.45      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N362/N498  | 45.04      | 0.000        | -24.213           | 0.058   | -10.587 | 0.00      | -8.19     | 0.16      | GV     | 1.8  | 681                                | Cumple |  |
| N444/N442  | 10.97      | 0.000        | 14.283            | -0.419  | -16.024 | 0.00      | -28.02    | -1.09     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N442/N430  | 5.50       | 1.875        | 14.412            | 0.119   | -0.281  | 0.00      | 13.97     | 0.36      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N430/N440  | 3.23       | 5.000        | 14.458            | -0.030  | 10.015  | 0.00      | -7.61     | 0.14      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N440/N439  | 3.23       | 0.000        | 14.458            | 0.030   | -10.015 | 0.00      | -7.61     | 0.14      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N439/N438  | 5.51       | 3.125        | 14.413            | -0.120  | 0.281   | 0.00      | 13.97     | 0.36      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N438/N437  | 10.98      | 4.000        | 14.283            | 0.423   | 16.024  | 0.00      | -28.02    | -1.10     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N425/N424  | 12.77      | 0.000        | 20.044            | 0.373   | -19.056 | -0.03     | -33.17    | 1.09      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N424/N423  | 8.02       | 1.875        | 20.250            | -0.049  | -0.749  | 0.00      | 21.81     | -0.31     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N423/N422  | 5.57       | 2.188        | 20.403            | 0.002   | 0.347   | 0.00      | 14.36     | -0.16     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N422/N421  | 5.57       | 2.813        | 20.403            | -0.002  | -0.346  | 0.00      | 14.36     | -0.16     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N421/N420  | 8.04       | 3.125        | 20.250            | 0.051   | 0.740   | 0.00      | 21.84     | -0.32     | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N420/N426  | 12.76      | 4.000        | 20.043            | -0.379  | 19.038  | 0.03      | -33.05    | 1.10      | GV     | 4.2  | 342                                | Cumple |  |
| N333/N221  | 25.57      | 3.000        | -58.829           | -0.007  | 0.729   | 0.00      | -0.36     | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N221/N223  | 21.40      | 2.143        | 94.697            | -0.040  | 0.048   | 0.00      | 0.83      | 0.21      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N223/N225  | 35.89      | 1.500        | 164.891           | 0.001   | 0.002   | 0.00      | 1.10      | 0.24      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N225/N227  | 43.60      | 1.500        | 205.184           | 0.001   | 0.021   | 0.00      | 1.06      | 0.24      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N227/N229  | 46.68      | 1.286        | 223.034           | 0.110   | -0.124  | 0.00      | 1.07      | 0.09      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N229/N231  | 47.46      | 1.714        | 223.443           | 0.110   | 0.090   | 0.00      | 1.13      | -0.28     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N231/N233  | 44.33      | 0.643        | 210.996           | -0.019  | 0.010   | 0.00      | 0.75      | -0.41     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N233/N244  | 44.33      | 2.357        | 210.994           | 0.019   | -0.010  | 0.00      | 0.75      | -0.41     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N244/N242  | 47.46      | 1.286        | 223.440           | -0.110  | -0.090  | 0.00      | 1.13      | -0.28     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N242/N240  | 46.67      | 1.714        | 223.030           | -0.110  | 0.124   | 0.00      | 1.07      | 0.09      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N240/N238  | 43.60      | 1.500        | 205.178           | -0.002  | -0.021  | 0.00      | 1.06      | 0.24      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N238/N236  | 35.89      | 1.500        | 164.884           | -0.002  | -0.002  | 0.00      | 1.10      | 0.24      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N236/N234  | 21.40      | 0.857        | 94.695            | 0.041   | -0.048  | 0.00      | 0.83      | 0.21      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N234/N336  | 16.11      | 0.000        | -58.822           | 0.008   | -0.729  | 0.00      | -0.36     | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N219/N235  | 41.17      | 1.318        | -116.734          | 0.027   | 0.276   | 0.00      | 3.47      | -0.04     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N235/N237  | 54.16      | 0.000        | -188.306          | 0.027   | -6.997  | 0.00      | -3.34     | -0.08     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N237/N239  | 63.68      | 1.507        | -229.105          | 0.007   | 0.070   | 0.00      | 2.63      | -0.17     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N239/N241  | 68.51      | 1.507        | -247.715          | 0.007   | -0.065  | 0.00      | 2.62      | -0.19     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N241/N243  | 68.46      | 1.507        | -248.777          | -0.057  | 0.079   | 0.00      | 2.60      | -0.12     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N243/N245  | 65.17      | 1.507        | -236.951          | -0.057  | -0.060  | 0.00      | 2.57      | 0.06      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N245/N220  | 60.19      | 3.014        | -214.923          | -0.047  | 3.447   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N249/N265  | 32.56      | 3.014        | -83.750           | 0.522   | 5.999   | 0.00      | -2.60     | -1.57     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N265/N267  | 44.30      | 3.014        | -134.115          | -1.201  | 4.897   | 0.00      | -1.89     | 2.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N267/N326  | 43.64      | 0.000        | -166.229          | 3.083   | -5.266  | 0.00      | -1.89     | 2.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N326/N269  | 41.57      | 2.009        | -154.597          | 0.103   | 5.304   | 0.00      | -2.09     | -1.26     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N269/N325  | 44.98      | 1.607        | -168.454          | 0.103   | 0.201   | 0.00      | 1.99      | -1.42     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N325/N271  | 44.61      | 1.005        | -155.847          | -4.447  | 5.292   | 0.00      | -1.97     | 3.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N271/N273  | 54.69      | 0.000        | -160.819          | 1.395   | -5.111  | 0.00      | -1.97     | 3.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N273/N324  | 42.07      | 1.005        | -154.146          | 1.395   | -1.909  | 0.00      | 1.60      | -2.60     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N324/N275  | 43.50      | 2.009        | -145.525          | -2.570  | 5.236   | 0.00      | -2.04     | 2.56      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N275/N250  | 45.94      | 0.000        | -132.815          | 0.849   | -5.092  | 0.00      | -2.04     | 2.56      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N189/N205  | 41.84      | 1.318        | -119.049          | 0.043   | 0.273   | 0.00      | 3.47      | -0.06     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N205/N207  | 55.35      | 0.000        | -192.341          | 0.043   | -7.010  | 0.00      | -3.32     | -0.13     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|-------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |       |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |       |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N207/N209  | 64.76 | 1.507        | -232.583          | -0.032  | 0.085   | 0.00      | 2.66      | -0.21     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N209/N211  | 69.01 | 1.507        | -250.702          | -0.032  | -0.070  | 0.00      | 2.63      | -0.11     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N211/N213  | 68.75 | 1.507        | -250.881          | -0.016  | 0.083   | 0.00      | 2.61      | -0.04     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N213/N215  | 65.36 | 1.507        | -238.295          | -0.016  | -0.061  | 0.00      | 2.58      | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N215/N190  | 60.17 | 3.014        | -214.851          | -0.011  | 3.446   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N332/N191  | 25.47 | 3.000        | -58.687           | -0.004  | 0.728   | 0.00      | -0.36     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N191/N193  | 21.54 | 2.143        | 97.074            | -0.012  | 0.029   | 0.00      | 0.87      | 0.06      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N193/N195  | 36.35 | 1.500        | 168.970           | -0.019  | 0.018   | 0.00      | 1.13      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N195/N197  | 44.09 | 1.500        | 208.715           | -0.019  | 0.016   | 0.00      | 1.08      | 0.15      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N197/N199  | 47.35 | 1.500        | 226.080           | 0.058   | -0.032  | 0.00      | 1.10      | 0.09      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N199/N201  | 47.38 | 1.714        | 225.614           | 0.058   | 0.085   | 0.00      | 1.14      | -0.09     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N201/N203  | 43.91 | 0.429        | 212.413           | -0.030  | -0.070  | 0.00      | 0.76      | -0.16     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N203/N214  | 43.91 | 2.571        | 212.411           | 0.030   | 0.070   | 0.00      | 0.76      | -0.16     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N214/N212  | 47.38 | 1.286        | 225.614           | -0.058  | -0.085  | 0.00      | 1.14      | -0.09     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N212/N210  | 47.36 | 1.500        | 226.082           | -0.058  | 0.032   | 0.00      | 1.10      | 0.09      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N210/N208  | 44.09 | 1.500        | 208.720           | 0.019   | -0.016  | 0.00      | 1.08      | 0.15      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N208/N206  | 36.35 | 1.500        | 168.978           | 0.019   | -0.018  | 0.00      | 1.13      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N206/N204  | 21.54 | 0.857        | 97.078            | 0.012   | -0.029  | 0.00      | 0.87      | 0.06      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N204/N337  | 16.05 | 0.000        | -58.676           | 0.004   | -0.728  | 0.00      | -0.36     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N129/N145  | 41.77 | 1.318        | -119.017          | 0.020   | 0.273   | 0.00      | 3.47      | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N145/N147  | 55.09 | 0.000        | -192.299          | 0.020   | -7.009  | 0.00      | -3.32     | -0.06     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N147/N149  | 64.29 | 1.507        | -232.595          | -0.027  | 0.085   | 0.00      | 2.65      | -0.08     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N149/N151  | 68.61 | 1.507        | -250.759          | -0.027  | -0.070  | 0.00      | 2.63      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N151/N153  | 68.72 | 1.507        | -250.949          | 0.009   | 0.083   | 0.00      | 2.61      | 0.03      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N153/N155  | 65.37 | 0.000        | -238.674          | 0.009   | -6.705  | 0.00      | -2.52     | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N155/N130  | 60.20 | 3.014        | -214.941          | 0.004   | 3.447   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N330/N131  | 25.47 | 3.000        | -58.707           | 0.003   | 0.728   | 0.00      | -0.36     | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N131/N133  | 21.39 | 2.143        | 97.028            | -0.002  | 0.029   | 0.00      | 0.87      | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N133/N135  | 36.12 | 1.500        | 168.914           | -0.006  | 0.018   | 0.00      | 1.13      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N135/N137  | 43.77 | 1.500        | 208.713           | -0.006  | 0.015   | 0.00      | 1.08      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N137/N139  | 47.22 | 1.500        | 226.122           | 0.005   | -0.031  | 0.00      | 1.10      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N139/N141  | 47.22 | 1.500        | 225.668           | 0.005   | -0.002  | 0.00      | 1.15      | 0.03      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N141/N143  | 43.53 | 0.643        | 212.476           | 0.002   | 0.017   | 0.00      | 0.77      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N143/N154  | 43.53 | 2.357        | 212.475           | -0.002  | -0.017  | 0.00      | 0.77      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N154/N152  | 47.22 | 1.500        | 225.670           | -0.005  | 0.002   | 0.00      | 1.15      | 0.03      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N152/N150  | 47.22 | 1.500        | 226.126           | -0.005  | 0.031   | 0.00      | 1.10      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N150/N148  | 43.77 | 1.500        | 208.720           | 0.006   | -0.016  | 0.00      | 1.08      | 0.04      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N148/N146  | 36.13 | 1.500        | 168.923           | 0.006   | -0.018  | 0.00      | 1.13      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N146/N144  | 21.39 | 0.857        | 97.034            | 0.002   | -0.029  | 0.00      | 0.87      | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N144/N339  | 16.05 | 0.000        | -58.697           | -0.003  | -0.728  | 0.00      | -0.36     | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N99/N115   | 41.15 | 1.318        | -116.864          | 0.006   | 0.276   | 0.00      | 3.47      | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N115/N117  | 53.98 | 0.000        | -188.446          | 0.006   | -6.997  | 0.00      | -3.33     | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N117/N119  | 63.15 | 1.507        | -229.127          | -0.007  | 0.071   | 0.00      | 2.63      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N119/N121  | 67.79 | 1.507        | -247.638          | -0.007  | -0.064  | 0.00      | 2.62      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N121/N123  | 68.03 | 1.507        | -248.673          | 0.010   | 0.078   | 0.00      | 2.60      | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N123/N125  | 65.08 | 1.507        | -236.824          | 0.010   | -0.060  | 0.00      | 2.57      | -0.04     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N125/N100  | 60.15 | 3.014        | -214.765          | 0.018   | 3.446   | 0.00      | -3.05     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N329/N101  | 25.46 | 3.000        | -58.719           | 0.000   | 0.729   | 0.00      | -0.36     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N101/N103  | 20.89 | 1.929        | 94.920            | 0.002   | -0.040  | 0.00      | 0.84      | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N103/N105  | 35.30 | 1.500        | 165.123           | 0.003   | 0.004   | 0.00      | 1.10      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N105/N107  | 43.03 | 1.500        | 205.298           | 0.003   | 0.021   | 0.00      | 1.06      | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N107/N109  | 46.65 | 1.714        | 223.051           | 0.022   | 0.051   | 0.00      | 1.08      | -0.07     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N109/N111  | 47.05 | 1.500        | 223.432           | 0.022   | 0.003   | 0.00      | 1.13      | -0.13     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N111/N113  | 43.64 | 0.643        | 210.961           | 0.011   | 0.009   | 0.00      | 0.75      | -0.17     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N113/N124  | 43.64 | 2.357        | 210.954           | -0.011  | -0.009  | 0.00      | 0.75      | -0.17     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N124/N122  | 47.05 | 1.500        | 223.424           | -0.022  | -0.003  | 0.00      | 1.13      | -0.13     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N122/N120  | 46.65 | 1.286        | 223.041           | -0.022  | -0.051  | 0.00      | 1.08      | -0.07     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N120/N118  | 43.02 | 1.500        | 205.286           | -0.003  | -0.021  | 0.00      | 1.06      | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N118/N116  | 35.29 | 1.500        | 165.110           | -0.003  | -0.004  | 0.00      | 1.10      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N116/N114  | 20.88 | 1.071        | 94.912            | -0.002  | 0.040   | 0.00      | 0.84      | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N114/N340  | 16.04 | 0.000        | -58.707           | 0.000   | -0.729  | 0.00      | -0.36     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N69/N85  | 41.71 | 1.318        | -118.930          | -0.003  | 0.273   | 0.00      | 3.47      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N85/N87  | 54.90 | 0.000        | -192.236          | -0.003  | -7.009  | 0.00      | -3.32     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N87/N89  | 64.18 | 1.507        | -232.575          | -0.023  | 0.084   | 0.00      | 2.65      | 0.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N89/N91  | 69.05 | 1.507        | -250.774          | -0.023  | -0.070  | 0.00      | 2.63      | 0.12      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N91/N93  | 69.00 | 1.507        | -251.002          | 0.035   | 0.083   | 0.00      | 2.61      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N93/N95  | 65.52 | 0.000        | -238.758          | 0.035   | -6.705  | 0.00      | -2.52     | 0.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N95/N70  | 60.21 | 3.014        | -215.009          | 0.019   | 3.447   | 0.00      | -3.06     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N328/N71   | 25.57 | 3.000        | -58.802           | 0.008   | 0.728   | 0.00      | -0.36     | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N71/N73  | 21.43 | 2.143        | 96.848            | 0.007   | 0.029   | 0.00      | 0.87      | -0.04     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N73/N75  | 36.18 | 1.500        | 168.760           | 0.006   | 0.018   | 0.00      | 1.13      | -0.05     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N75/N77  | 43.82 | 1.500        | 208.602           | 0.006   | 0.016   | 0.00      | 1.08      | -0.07     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |
| N77/N79  | 47.09      | 1.500        | 226.046           | -0.048  | -0.031  | 0.00      | 1.10      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N79/N81  | 47.55      | 1.714        | 225.630           | -0.048  | 0.084   | 0.00      | 1.14      | 0.15      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N81/N83  | 44.04      | 0.429        | 212.469           | 0.035   | -0.070  | 0.00      | 0.76      | 0.20      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N83/N94  | 44.04      | 2.571        | 212.476           | -0.035  | 0.070   | 0.00      | 0.76      | 0.20      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N94/N92  | 47.55      | 1.286        | 225.639           | 0.048   | -0.084  | 0.00      | 1.14      | 0.15      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N92/N90  | 47.09      | 1.500        | 226.058           | 0.048   | 0.031   | 0.00      | 1.10      | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N90/N88  | 43.82      | 1.500        | 208.617           | -0.006  | -0.016  | 0.00      | 1.08      | -0.07     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N88/N86  | 36.18      | 1.500        | 168.778           | -0.006  | -0.018  | 0.00      | 1.13      | -0.05     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N86/N84  | 21.43      | 0.857        | 96.864            | -0.006  | -0.029  | 0.00      | 0.87      | -0.04     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N84/N341   | 16.11      | 0.000        | -58.800           | -0.008  | -0.728  | 0.00      | -0.36     | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N39/N55  | 31.37      | 1.318        | -89.686           | -0.004  | 0.222   | 0.00      | 2.67      | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N55/N57  | 42.55      | 0.000        | -148.789          | -0.004  | -5.427  | 0.00      | -2.60     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N57/N59  | 50.40      | 1.507        | -183.298          | 0.001   | 0.076   | 0.00      | 2.03      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N59/N61  | 54.58      | 1.507        | -199.604          | 0.001   | -0.089  | 0.00      | 2.05      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N61/N63  | 55.14      | 3.014        | -201.454          | 0.032   | 5.232   | 0.00      | -1.98     | -0.08     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N63/N65  | 53.27      | 1.507        | -193.199          | 0.032   | -0.087  | 0.00      | 2.02      | -0.13     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N65/N40  | 49.33      | 3.014        | -176.639          | 0.058   | 2.796   | 0.00      | -2.44     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N327/N41   | 21.93      | 3.000        | -50.344           | 0.003   | 0.727   | 0.00      | -0.35     | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N41/N43  | 15.51      | 1.929        | 68.161            | 0.028   | 0.002   | 0.00      | 0.65      | -0.14     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N43/N45  | 27.63      | 1.500        | 126.190           | 0.009   | -0.020  | 0.00      | 0.90      | -0.18     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N45/N47  | 34.23      | 1.500        | 160.319           | 0.009   | 0.047   | 0.00      | 0.86      | -0.21     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N47/N49  | 37.44      | 1.714        | 176.039           | 0.000   | 0.017   | 0.00      | 0.90      | -0.22     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N49/N51  | 37.88      | 1.500        | 177.638           | 0.000   | 0.038   | 0.00      | 0.95      | -0.22     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N51/N53  | 35.14      | 0.857        | 168.665           | 0.016   | -0.007  | 0.00      | 0.59      | -0.24     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N53/N64  | 35.14      | 2.143        | 168.664           | -0.016  | 0.007   | 0.00      | 0.59      | -0.24     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N64/N62  | 37.88      | 1.500        | 177.634           | 0.000   | -0.038  | 0.00      | 0.95      | -0.22     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N62/N60  | 37.44      | 1.286        | 176.031           | 0.000   | -0.017  | 0.00      | 0.90      | -0.22     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N60/N58  | 34.23      | 1.500        | 160.310           | -0.009  | -0.047  | 0.00      | 0.86      | -0.21     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N58/N56  | 27.63      | 1.500        | 126.178           | -0.009  | 0.020   | 0.00      | 0.90      | -0.18     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N56/N54  | 15.50      | 1.071        | 68.155            | -0.028  | -0.002  | 0.00      | 0.65      | -0.13     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N54/N342   | 13.90      | 0.000        | -50.343           | -0.003  | -0.727  | 0.00      | -0.35     | -0.01     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N344/N11   | 12.71      | 3.000        | -28.724           | 0.001   | 0.716   | 0.00      | -0.32     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N11/N13  | 9.90       | 1.714        | 43.918            | 0.003   | -0.020  | 0.00      | 0.46      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N13/N15  | 18.08      | 1.714        | 81.535            | 0.056   | 0.050   | 0.00      | 0.66      | -0.12     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N15/N17  | 22.46      | 1.500        | 103.077           | 0.056   | 0.097   | 0.00      | 0.57      | -0.27     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N17/N19  | 24.07      | 1.714        | 111.277           | -0.070  | -0.026  | 0.00      | 0.61      | -0.24     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N19/N21  | 24.25      | 1.500        | 111.878           | 0.013   | 0.000   | 0.00      | 0.58      | -0.29     | G      | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N21/N23  | 23.55      | 1.071        | 110.927           | 0.000   | -0.024  | 0.00      | 0.39      | -0.31     | G      | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N23/N34  | 23.55      | 1.929        | 110.926           | 0.000   | 0.024   | 0.00      | 0.39      | -0.31     | G      | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N34/N32  | 24.25      | 1.500        | 111.878           | -0.013  | 0.000   | 0.00      | 0.58      | -0.29     | G      | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N32/N30  | 24.07      | 1.286        | 111.272           | 0.070   | 0.026   | 0.00      | 0.61      | -0.24     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N30/N28  | 22.46      | 1.500        | 103.075           | -0.057  | -0.097  | 0.00      | 0.57      | -0.27     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N28/N26  | 18.08      | 1.286        | 81.535            | -0.057  | -0.050  | 0.00      | 0.66      | -0.12     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N26/N24  | 9.90       | 1.286        | 43.919            | -0.003  | 0.020   | 0.00      | 0.46      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N24/N343   | 8.26       | 0.000        | -28.723           | -0.001  | -0.716  | 0.00      | -0.32     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N9/N25   | 23.43      | 3.014        | -59.905           | -0.448  | 4.236   | 0.00      | -1.84     | 1.35      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N25/N27  | 33.90      | 3.014        | -98.180           | 1.131   | 3.448   | 0.00      | -1.30     | -2.06     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N27/N320   | 33.10      | 0.000        | -120.501          | -2.963  | -3.744  | 0.00      | -1.30     | -2.06     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N320/N29   | 31.44      | 2.009        | -115.217          | -0.096  | 3.808   | 0.00      | -1.55     | 1.11      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N29/N316   | 33.68      | 1.607        | -123.984          | -0.096  | 0.073   | 0.00      | 1.44      | 1.27      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N316/N31   | 35.82      | 1.005        | -119.880          | 4.290   | 3.757   | 0.00      | -1.34     | -3.00     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N31/N33  | 43.61      | 0.000        | -123.126          | -1.481  | -3.581  | 0.00      | -1.34     | -3.00     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N33/N315   | 34.78      | 1.005        | -117.588          | -1.481  | -1.444  | 0.00      | 1.19      | 2.95      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N315/N35   | 37.33      | 0.000        | -119.316          | 2.731   | -1.145  | 0.00      | 1.19      | 2.95      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N35/N10  | 38.48      | 0.000        | -109.262          | -0.842  | -3.543  | 0.00      | -1.37     | -2.54     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N334/N251  | 16.83      | 3.000        | -38.451           | -0.002  | 0.716   | 0.00      | -0.32     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N251/N253  | 13.96      | 1.929        | 61.455            | -0.021  | 0.022   | 0.00      | 0.60      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N253/N255  | 25.21      | 1.714        | 114.476           | -0.049  | 0.068   | 0.00      | 0.83      | 0.21      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N255/N257  | 31.42      | 1.500        | 145.482           | -0.049  | 0.072   | 0.00      | 0.75      | 0.34      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N257/N259  | 33.83      | 1.500        | 158.528           | 0.081   | -0.078  | 0.00      | 0.76      | 0.29      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N259/N261  | 34.13      | 1.286        | 162.490           | 0.081   | -0.053  | 0.00      | 0.82      | 0.07      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N261/N263  | 32.36      | 1.071        | 156.513           | 0.000   | 0.042   | 0.00      | 0.48      | 0.20      | G      | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N263/N274  | 32.36      | 1.929        | 156.511           | 0.000   | -0.042  | 0.00      | 0.48      | 0.20      | G      | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N274/N272  | 34.13      | 1.714        | 162.482           | -0.081  | 0.053   | 0.00      | 0.82      | 0.07      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N272/N270  | 33.83      | 1.500        | 158.518           | -0.081  | 0.078   | 0.00      | 0.76      | 0.29      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N270/N268  | 31.41      | 1.500        | 145.472           | 0.048   | -0.072  | 0.00      | 0.75      | 0.34      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N268/N266  | 25.21      | 1.286        | 114.466           | 0.048   | -0.068  | 0.00      | 0.83      | 0.21      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N266/N264  | 13.97      | 1.071        | 61.449            | 0.021   | -0.022  | 0.00      | 0.60      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N264/N335  | 10.76      | 0.000        | -38.454           | 0.002   | -0.716  | 0.00      | -0.32     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |
| N176/N571  | 12.70      | 0.200        | 7.681             | 0.000   | -0.219  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N571/N147  | 47.27      | 2.768        | -2.569            | 0.000   | -0.021  | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N572/N151  | 59.09      | 2.876        | -3.703            | 0.000   | -0.022  | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
|--|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--|------------------------------------|--------|--|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |            |              |                   |         |         |           |           |           |        |  |                                    |        |  |
| Barra  | $\eta$ (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos |         |         |           |           |           | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |  |
|  |            |              | N (kN)            | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN-m) | My (kN-m) | Mz (kN-m) |        |  |                                    |        |  |
| N180/N572  | 14.63      | 0.200        | 9.500             | 0.000   | -0.228  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N573/N155  | 51.58      | 3.000        | -3.305            | 0.000   | -0.024  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N184/N573  | 10.68      | 0.200        | 7.017             | 0.000   | -0.240  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N156/N368  | 32.06      | 5.310        | -96.935           | -0.092  | 1.855   | 0.00      | -21.59    | 0.20      | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N368/N581  | 72.24      | 3.190        | -77.688           | -0.071  | -24.676 | 0.00      | 49.68     | -0.18     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N581/N331  | 71.03      | 0.500        | -76.595           | -0.071  | -25.031 | 0.00      | 62.11     | -0.15     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N331/N157  | 71.43      | 0.000        | -76.101           | -0.074  | 31.763  | 0.00      | 62.11     | -0.15     | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |  |
| N331/N161  | 24.65      | 3.000        | -56.794           | -0.003  | 0.726   | 0.00      | -0.35     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N161/N163  | 21.34      | 2.143        | 95.980            | -0.019  | 0.048   | 0.00      | 0.84      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N163/N165  | 35.77      | 1.500        | 166.162           | 0.002   | 0.003   | 0.00      | 1.10      | 0.11      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N165/N167  | 43.45      | 1.500        | 206.361           | 0.002   | 0.021   | 0.00      | 1.06      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N167/N578  | 46.70      | 1.800        | 224.134           | 0.065   | 0.086   | 0.00      | 1.08      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N157/N162  | 36.09      | 1.318        | -117.463          | -0.017  | 0.274   | 0.00      | 3.47      | 0.02      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N162/N164  | 54.23      | 0.000        | -189.029          | -0.017  | -6.996  | 0.00      | -3.33     | 0.05      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N164/N166  | 63.58      | 1.507        | -229.732          | 0.001   | 0.070   | 0.00      | 2.63      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N166/N168  | 68.29      | 1.507        | -248.262          | 0.001   | -0.064  | 0.00      | 2.62      | 0.09      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N168/N579  | 59.59      | 1.406        | -249.324          | 0.022   | -0.364  | 0.00      | 2.59      | 0.06      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N579/N170  | 56.66      | 1.005        | -249.003          | 0.022   | 6.722   | 0.00      | -2.52     | 0.03      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N170/N172  | 65.19      | 0.000        | -237.760          | 0.022   | -6.705  | 0.00      | -2.52     | 0.03      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N172/N160  | 60.31      | 3.014        | -215.386          | 0.013   | 3.448   | 0.00      | -3.06     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N169/N580  | 16.13      | 1.448        | 21.768            | 0.000   | -0.102  | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N580/N168  | 16.66      | 0.828        | 21.890            | 0.000   | 0.015   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N578/N169  | 46.67      | 0.000        | 224.134           | 0.065   | 0.167   | 0.00      | 1.05      | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N169/N171  | 47.46      | 1.714        | 224.524           | 0.065   | 0.090   | 0.00      | 1.13      | -0.21     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N171/N173  | 44.19      | 0.643        | 212.059           | -0.004  | 0.011   | 0.00      | 0.75      | -0.29     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N173/N184  | 44.19      | 2.357        | 212.055           | 0.004   | -0.011  | 0.00      | 0.75      | -0.29     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N184/N182  | 47.46      | 1.286        | 224.519           | -0.065  | -0.090  | 0.00      | 1.13      | -0.21     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N182/N575  | 46.67      | 1.000        | 224.127           | -0.065  | -0.167  | 0.00      | 1.05      | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N575/N180  | 46.70      | 0.200        | 224.127           | -0.065  | -0.086  | 0.00      | 1.08      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N180/N178  | 43.45      | 1.500        | 206.353           | -0.003  | -0.021  | 0.00      | 1.06      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N178/N176  | 35.77      | 1.500        | 166.153           | -0.003  | -0.003  | 0.00      | 1.10      | 0.11      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N176/N174  | 21.35      | 0.857        | 95.976            | 0.019   | -0.048  | 0.00      | 0.84      | 0.10      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N174/N338  | 15.54      | 0.000        | -56.784           | 0.003   | -0.726  | 0.00      | -0.35     | 0.01      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N577/N181  | 16.66      | 0.828        | 21.891            | 0.000   | 0.015   | 0.00      | 0.33      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N182/N577  | 16.13      | 1.448        | 21.770            | 0.000   | -0.102  | 0.00      | 0.29      | 0.00      | GV     | 1.4  | 695                                | Cumple |  |
| N159/N175  | 41.34      | 1.318        | -117.461          | 0.017   | 0.274   | 0.00      | 3.47      | -0.02     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N175/N177  | 54.23      | 0.000        | -189.021          | 0.017   | -6.996  | 0.00      | -3.33     | -0.05     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N177/N179  | 63.58      | 1.507        | -229.726          | -0.001  | 0.070   | 0.00      | 2.63      | -0.10     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N179/N181  | 68.29      | 1.507        | -248.257          | -0.001  | -0.064  | 0.00      | 2.62      | -0.09     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N181/N576  | 59.59      | 1.406        | -249.321          | -0.022  | -0.364  | 0.00      | 2.59      | -0.06     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N576/N183  | 56.66      | 1.005        | -249.000          | -0.022  | 6.722   | 0.00      | -2.52     | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N183/N185  | 65.19      | 0.000        | -237.758          | -0.022  | -6.705  | 0.00      | -2.52     | -0.03     | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N185/N160  | 60.31      | 3.014        | -215.388          | -0.013  | 3.448   | 0.00      | -3.06     | 0.00      | GV     | 1.2  | 648                                | Cumple |  |
| N133/N602  | 33.51      | 3.164        | -1.442            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N602/N164  | 8.95       | 0.000        | 5.026             | 0.000   | 0.219   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N193/N601  | 33.35      | 3.164        | -1.429            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N601/N164  | 8.97       | 0.000        | 5.034             | 0.000   | 0.219   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N599/N194  | 45.97      | 2.768        | -2.464            | 0.000   | -0.021  | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N163/N599  | 12.70      | 0.200        | 7.682             | 0.000   | -0.219  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N600/N134  | 47.55      | 2.768        | -2.592            | 0.000   | -0.021  | 0.00      | 0.38      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N163/N600  | 12.67      | 0.200        | 7.663             | 0.000   | -0.219  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N197/N595  | 51.83      | 3.287        | -3.073            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N595/N168  | 13.39      | 0.000        | 8.585             | 0.000   | 0.228   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N137/N598  | 49.08      | 3.287        | -2.840            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N598/N168  | 13.38      | 0.000        | 8.574             | 0.000   | 0.228   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N597/N138  | 59.09      | 2.876        | -3.703            | 0.000   | -0.022  | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N167/N597  | 14.62      | 0.200        | 9.494             | 0.000   | -0.228  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N596/N198  | 57.57      | 2.876        | -3.574            | 0.000   | -0.022  | 0.00      | 0.41      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N167/N596  | 14.65      | 0.200        | 9.522             | 0.000   | -0.228  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |  |
| N201/N593  | 37.40      | 3.428        | -2.001            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N593/N172  | 8.88       | 0.000        | 5.612             | 0.000   | 0.240   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N141/N594  | 38.64      | 3.428        | -2.113            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N594/N172  | 8.92       | 0.000        | 5.642             | 0.000   | 0.240   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N592/N202  | 52.47      | 3.000        | -3.387            | 0.000   | -0.024  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N171/N592  | 10.64      | 0.200        | 6.982             | 0.000   | -0.240  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N591/N142  | 51.58      | 3.000        | -3.305            | 0.000   | -0.024  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N171/N591  | 10.68      | 0.200        | 7.016             | 0.000   | -0.240  | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N214/N588  | 37.41      | 3.428        | -2.001            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N588/N185  | 8.89       | 0.000        | 5.614             | 0.000   | 0.240   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N154/N589  | 38.64      | 3.428        | -2.114            | 0.000   | -0.007  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N589/N185  | 8.92       | 0.000        | 5.643             | 0.000   | 0.240   | 0.00      | 0.05      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |
| N590/N215  | 52.48      | 3.000        | -3.387            | 0.000   | -0.024  | 0.00      | 0.45      | 0.00      | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |  |

| Comprobación de resistencia en situación de incendio |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |  |                                    |        |
|--|---------------|-----------------|-------------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--|------------------------------------|--------|
| R. req. <sup>(1)</sup> : R 90                        |               |                 |                   |            |            |              |              |              |        |  |                                    |        |
| Barra  | $\eta$<br>(%) | Posición<br>(m) | Esfuerzos pésimos |            |            |              |              |              | Origen | Rev. mín. nec. <sup>(2)</sup><br>Pint. intumescente <sup>(3)</sup><br>(mm) | Temperatura <sup>(4)</sup><br>(°C) | Estado |
|  |               |                 | N<br>(kN)         | Vy<br>(kN) | Vz<br>(kN) | Mt<br>(kN-m) | My<br>(kN-m) | Mz<br>(kN-m) |        |  |                                    |        |
| N184/N590  | 10.64         | 0.200           | 6.983             | 0.000      | -0.240     | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 688                                | Cumple |
| N210/N587  | 51.84         | 3.287           | -3.074            | 0.000      | -0.007     | 0.00         | 0.41         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N587/N181  | 13.40         | 0.000           | 8.590             | 0.000      | 0.228      | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N150/N586  | 49.09         | 3.287           | -2.841            | 0.000      | -0.007     | 0.00         | 0.41         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N586/N181  | 13.38         | 0.000           | 8.579             | 0.000      | 0.228      | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N585/N211  | 57.58         | 2.876           | -3.575            | 0.000      | -0.022     | 0.00         | 0.41         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N180/N585  | 14.66         | 0.200           | 9.525             | 0.000      | -0.228     | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N206/N583  | 33.22         | 3.164           | -1.419            | 0.000      | -0.007     | 0.00         | 0.38         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N583/N177  | 8.98          | 0.000           | 5.042             | 0.000      | 0.219      | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N146/N582  | 33.57         | 3.164           | -1.447            | 0.000      | -0.007     | 0.00         | 0.38         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N582/N177  | 8.97          | 0.000           | 5.034             | 0.000      | 0.219      | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N584/N207  | 46.12         | 2.768           | -2.476            | 0.000      | -0.021     | 0.00         | 0.38         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N176/N584  | 12.73         | 0.200           | 7.701             | 0.000      | -0.219     | 0.00         | 0.05         | 0.00         | GV     | 2.8  | 689                                | Cumple |
| N158/N352  | 32.07         | 5.310           | -96.949           | -0.090     | -1.862     | 0.00         | 21.60        | 0.20         | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N352/N574  | 72.22         | 3.190           | -77.685           | -0.071     | 24.675     | 0.00         | -49.67       | -0.18        | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N574/N338  | 71.02         | 0.500           | -76.591           | -0.071     | 25.029     | 0.00         | -62.09       | -0.15        | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |
| N338/N159  | 71.41         | 0.000           | -76.097           | -0.074     | -31.756    | 0.00         | -62.09       | -0.15        | GV     | 1.2  | 662                                | Cumple |

Notas:  
<sup>(1)</sup> Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).  
<sup>(2)</sup> Espesor de revestimiento mínimo necesario.  
<sup>(3)</sup> Pintura intumescente  
<sup>(4)</sup> Temperatura alcanzada por el perfil con el revestimiento indicado, en el tiempo especificado de resistencia al fuego.

## 3.1.10.2 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

| Grupo   | Flechas                   |             |                           |             |                           |             |                           |             |
|---------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
|         | Flecha máxima absoluta xy |             | Flecha máxima absoluta xz |             | Flecha activa absoluta xy |             | Flecha activa absoluta xz |             |
|         | Flecha máxima relativa xy |             | Flecha máxima relativa xz |             | Flecha activa relativa xy |             | Flecha activa relativa xz |             |
|         | Pos. (m)                  | Flecha (mm) |
| N1/N2   | 6.021                     | 2.60        | 5.666                     | 1.69        | 5.666                     | 4.46        | 6.377                     | 3.09        |
|         | 8.511                     | L/(>1000)   | 5.666                     | L/(>1000)   | 8.511                     | L/(>1000)   | 5.666                     | L/(>1000)   |
| N3/N4   | 6.021                     | 2.61        | 5.666                     | 1.71        | 5.666                     | 4.48        | 6.377                     | 3.09        |
|         | 8.511                     | L/(>1000)   | 5.666                     | L/(>1000)   | 8.511                     | L/(>1000)   | 5.666                     | L/(>1000)   |
| N2/N5   | 18.646                    | 22.39       | 18.458                    | 2.82        | 18.458                    | 40.29       | 18.458                    | 4.61        |
|         | 18.646                    | L/213.7     | 18.458                    | L/(>1000)   | 18.646                    | L/215.1     | 18.458                    | L/(>1000)   |
| N4/N5   | 18.646                    | 22.39       | 18.458                    | 2.82        | 18.458                    | 40.29       | 18.458                    | 4.61        |
|         | 18.646                    | L/213.7     | 18.458                    | L/(>1000)   | 18.646                    | L/215.0     | 18.458                    | L/(>1000)   |
| N6/N7   | 6.694                     | 2.99        | 8.769                     | 4.21        | 6.694                     | 5.39        | 8.769                     | 6.20        |
|         | 6.694                     | L/(>1000)   | 8.769                     | L/(>1000)   | 6.694                     | L/(>1000)   | 8.769                     | L/(>1000)   |
| N8/N9   | 6.694                     | 2.99        | 8.769                     | 4.21        | 6.694                     | 5.42        | 8.769                     | 6.20        |
|         | 6.694                     | L/(>1000)   | 8.769                     | L/(>1000)   | 6.694                     | L/(>1000)   | 8.769                     | L/(>1000)   |
| N7/N10  | 12.996                    | 6.61        | 10.648                    | 9.58        | 13.561                    | 11.41       | 10.648                    | 13.90       |
|         | 18.835                    | L/(>1000)   | 10.648                    | L/(>1000)   | 18.835                    | L/(>1000)   | 10.447                    | L/(>1000)   |
| N11/N12 | 2.095                     | 0.00        | 2.095                     | 0.00        | 1.905                     | 0.00        | 2.095                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N13/N12 | 3.536                     | 0.00        | 1.886                     | 0.34        | 3.536                     | 0.00        | 1.886                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 1.886                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N13/N14 | 2.357                     | 0.00        | 1.714                     | 0.00        | 2.143                     | 0.00        | 2.357                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N15/N14 | 0.741                     | 0.00        | 1.976                     | 0.42        | 0.741                     | 0.00        | 0.988                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 1.976                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N15/N16 | 2.653                     | 0.00        | 2.245                     | 0.00        | 2.449                     | 0.00        | 2.245                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N17/N16 | 3.107                     | 0.00        | 2.071                     | 0.48        | 2.848                     | 0.00        | 2.071                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.071                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N17/N18 | 2.357                     | 0.00        | 2.946                     | 0.00        | 1.964                     | 0.00        | 1.964                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N19/N18 | 3.259                     | 0.00        | 2.172                     | 0.56        | 3.259                     | 0.00        | 2.172                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.172                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N19/N20 | 2.143                     | 0.00        | 2.786                     | 0.00        | 2.143                     | 0.00        | 3.214                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N21/N20 | 4.271                     | 0.00        | 2.278                     | 1.19        | 2.847                     | 0.00        | 4.271                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.278                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N21/N22 | 0.929                     | 0.00        | 2.321                     | 0.00        | 2.321                     | 0.00        | 2.321                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N23/N22 | 2.686                     | 0.00        | 2.387                     | 1.37        | 2.686                     | 0.00        | 3.581                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.387                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N23/N10 | 0.000                     | 0.00        | 0.000                     | 0.00        | 0.000                     | 0.00        | 0.000                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N24/N25 | 1.905                     | 0.00        | 1.714                     | 0.00        | 1.905                     | 0.00        | 0.381                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N26/N25 | 3.300                     | 0.00        | 1.886                     | 0.34        | 3.300                     | 0.00        | 2.357                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 1.886                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N26/N27 | 1.071                     | 0.00        | 1.714                     | 0.00        | 1.929                     | 0.00        | 2.357                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N28/N27 | 2.470                     | 0.00        | 1.976                     | 0.42        | 2.963                     | 0.00        | 1.482                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 1.976                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N28/N29 | 2.245                     | 0.00        | 1.020                     | 0.00        | 2.245                     | 0.00        | 1.633                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N30/N29 | 3.366                     | 0.00        | 2.071                     | 0.48        | 2.330                     | 0.00        | 1.295                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.071                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N30/N31 | 2.357                     | 0.00        | 2.750                     | 0.00        | 2.554                     | 0.00        | 1.571                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N32/N31 | 3.802                     | 0.00        | 2.172                     | 0.56        | 3.802                     | 0.00        | 0.543                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.172                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N32/N33 | 2.357                     | 0.00        | 3.000                     | 0.00        | 2.357                     | 0.00        | 3.000                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N34/N33 | 3.986                     | 0.00        | 2.278                     | 1.19        | 4.271                     | 0.00        | 2.278                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.278                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N34/N35 | 2.786                     | 0.00        | 3.250                     | 0.00        | 3.250                     | 0.00        | 2.786                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N23/N35 | 4.476                     | 0.00        | 2.387                     | 1.37        | 4.178                     | 0.00        | 3.879                     | 0.00        |
|         | -                         | L/(>1000)   | 2.387                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |

| Grupo   | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|---------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|         | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|         | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N36/N37 | 6.924  | 3.34           | 8.769  | 7.09           | 6.694  | 5.63           | 8.769  | 11.04          |
|         | 6.924  | L/(>1000)      | 8.769  | L/731.9        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.769  | L/738.3        |
| N38/N39 | 6.924  | 3.34           | 8.769  | 7.09           | 6.694  | 5.65           | 8.769  | 11.04          |
|         | 6.924  | L/(>1000)      | 8.769  | L/731.9        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.769  | L/738.2        |
| N37/N40 | 12.054   | 5.13           | 10.736   | 16.23          | 11.866   | 9.30           | 10.736   | 25.89          |
|         | 12.054   | L/(>1000)      | 10.736   | L/(>1000)      | 11.866   | L/(>1000)      | 10.359   | L/(>1000)      |
| N41/N42 | 1.524  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 1.524  | 0.00           | 1.524  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N43/N42 | 2.593  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 3.300  | 0.00           | 1.650  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N43/N44 | 2.143  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N45/N44 | 2.223  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 2.470  | 0.00           | 2.223  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N45/N46 | 2.041  | 0.00           | 2.245  | 0.00           | 2.041  | 0.00           | 2.449  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N47/N46 | 2.848  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 1.813  | 0.00           | 3.107  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N47/N48 | 1.964  | 0.00           | 2.554  | 0.00           | 1.964  | 0.00           | 2.554  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N49/N48 | 2.987  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 2.987  | 0.00           | 1.086  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N49/N50 | 2.786  | 0.00           | 3.214  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 3.214  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N51/N50 | 3.702  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 4.271  | 0.00           | 2.278  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N51/N52 | 3.018  | 0.00           | 3.250  | 0.00           | 3.482  | 0.00           | 2.321  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N53/N52 | 3.581  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 2.984  | 0.00           | 3.581  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N53/N40 | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N54/N55 | 1.524  | 0.00           | 1.905  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 1.905  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N56/N55 | 2.829  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 2.829  | 0.00           | 2.121  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N56/N57 | 2.143  | 0.00           | 1.500  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N58/N57 | 3.210  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 2.963  | 0.00           | 3.704  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N58/N59 | 2.041  | 0.00           | 2.449  | 0.00           | 2.041  | 0.00           | 2.449  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N60/N59 | 3.625  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.625  | 0.00           | 0.518  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N60/N61 | 2.554  | 0.00           | 2.161  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N62/N61 | 3.802  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 3.802  | 0.00           | 2.172  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N62/N63 | 2.571  | 0.00           | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 0.00           | 3.214  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N64/N63 | 3.986  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 4.271  | 0.00           | 0.569  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N64/N65 | 2.321  | 0.00           | 2.089  | 0.00           | 2.321  | 0.00           | 1.393  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N53/N65 | 3.581  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.476  | 0.00           | 3.581  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N66/N67 | 6.694  | 2.94           | 8.539  | 11.12          | 6.694  | 5.29           | 8.539  | 16.53          |
|         | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/526.9        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/527.2        |
| N68/N69 | 6.694  | 2.95           | 8.539  | 11.11          | 6.694  | 5.31           | 8.539  | 16.53          |
|         | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/526.9        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/527.0        |
| N67/N70 | 11.678   | 4.47           | 10.548   | 22.00          | 11.489   | 8.66           | 10.548   | 35.26          |
|         | 11.678   | L/(>1000)      | 10.548   | L/958.8        | 11.489   | L/(>1000)      | 10.736   | L/960.7        |
| N71/N72 | 0.571  | 0.00           | 0.571  | 0.00           | 1.524  | 0.00           | 1.714  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N73/N72 | 3.536  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 3.536  | 0.00           | 3.064  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N73/N74 | 1.929  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N75/N74 | 0.741  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 2.963  | 0.00           | 2.470  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N75/N76 | 1.837  | 0.00           | 2.653  | 0.00           | 1.837  | 0.00           | 1.429  | 0.00           |
|         | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N77/N76 | 1.295  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 1.295  | 0.00           | 3.366  | 0.00           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N77/N78   | 1.571  | 0.00           | 2.750  | 0.00           | 1.571  | 0.00           | 2.946  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N79/N78   | 2.172  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 2.987  | 0.00           | 3.530  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N79/N80   | 2.786  | 0.00           | 2.571  | 0.00           | 2.786  | 0.00           | 2.786  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N81/N80   | 1.993  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 1.993  | 0.00           | 1.424  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N81/N82   | 1.857  | 0.00           | 3.482  | 0.00           | 3.018  | 0.00           | 2.089  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N83/N82   | 4.476  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.476  | 0.00           | 2.387  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N83/N70   | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N84/N85   | 1.714  | 0.00           | 1.333  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 0.952  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N86/N85   | 2.357  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 3.300  | 0.00           | 2.593  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N86/N87   | 1.500  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N88/N87   | 0.247  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 0.247  | 0.00           | 0.494  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N88/N89   | 0.408  | 0.00           | 2.449  | 0.00           | 0.408  | 0.00           | 1.429  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N90/N89   | 3.625  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.625  | 0.00           | 2.071  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N90/N91   | 2.357  | 0.00           | 2.161  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 1.375  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N92/N91   | 1.901  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 3.530  | 0.00           | 2.444  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N92/N93   | 3.000  | 0.00           | 2.786  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 1.929  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N94/N93   | 3.132  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 4.271  | 0.00           | 2.847  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N94/N95   | 3.482  | 0.00           | 3.250  | 0.00           | 2.786  | 0.00           | 3.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N83/N95   | 3.282  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.476  | 0.00           | 3.879  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N96/N97   | 6.694  | 2.99           | 8.539  | 11.14          | 6.694  | 5.30           | 8.539  | 16.67          |
|           | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/530.1        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/530.2        |
| N98/N99   | 6.694  | 3.00           | 8.539  | 11.14          | 6.694  | 5.32           | 8.539  | 16.67          |
|           | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/530.2        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/530.3        |
| N97/N100  | 11.866   | 5.44           | 10.548   | 21.49          | 11.866   | 9.75           | 10.548   | 35.03          |
|           | 11.866   | L/(>1000)      | 10.548   | L/981.8        | 11.866   | L/(>1000)      | 10.548   | L/984.6        |
| N101/N102 | 1.905  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 1.714  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N103/N102 | 2.593  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 1.179  | 0.00           | 2.593  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N103/N104 | 0.643  | 0.00           | 1.500  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N105/N104 | 3.210  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.704  | 0.00           | 1.482  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N105/N106 | 2.449  | 0.00           | 0.612  | 0.00           | 2.245  | 0.00           | 2.041  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N107/N106 | 3.366  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.366  | 0.00           | 1.554  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N107/N108 | 2.554  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 2.554  | 0.00           | 1.768  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N109/N108 | 2.444  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 2.716  | 0.00           | 3.530  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N109/N110 | 3.000  | 0.00           | 3.214  | 0.00           | 2.571  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N111/N110 | 2.847  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 2.847  | 0.00           | 3.417  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N111/N112 | 0.464  | 0.00           | 3.482  | 0.00           | 0.464  | 0.00           | 3.018  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N113/N112 | 4.178  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.178  | 0.00           | 2.984  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N113/N100 | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N114/N115 | 1.143  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 2.095  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                   |  |                   |  |                   |  |                   |
|-----------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                   | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                   | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                   | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                   |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    |
| N116/N115 | 2.593<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.886<br>1.886   | 0.34<br>L/(>1000) | 2.593<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.536<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N116/N117 | 1.714<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.714<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N118/N117 | 3.210<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.976<br>1.976   | 0.42<br>L/(>1000) | 3.457<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.482<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N118/N119 | 2.653<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.653<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.653<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.653<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N120/N119 | 3.625<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.071<br>2.071   | 0.48<br>L/(>1000) | 3.107<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.366<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N120/N121 | 2.554<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.554<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.554<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.750<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N122/N121 | 3.530<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.172<br>2.172   | 0.56<br>L/(>1000) | 3.530<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.259<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N122/N123 | 3.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N124/N123 | 2.847<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.278<br>2.278   | 1.19<br>L/(>1000) | 1.993<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.271<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N124/N125 | 3.482<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.250<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.482<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N113/N125 | 3.581<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.387<br>2.387   | 1.37<br>L/(>1000) | 3.581<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.387<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N126/N127 | 6.694<br>6.694   | 2.98<br>L/(>1000) | 8.539<br>8.539   | 11.17<br>L/527.3  | 6.694<br>6.694   | 5.28<br>L/(>1000) | 8.769<br>8.539   | 16.46<br>L/527.5  |
| N128/N129 | 6.694<br>6.694   | 2.99<br>L/(>1000) | 8.539<br>8.539   | 11.17<br>L/527.4  | 6.694<br>6.694   | 5.30<br>L/(>1000) | 8.769<br>8.539   | 16.46<br>L/527.7  |
| N127/N130 | 11.489<br>11.489                                       | 4.93<br>L/(>1000) | 10.548<br>10.548                                       | 22.00<br>L/958.7  | 11.301<br>11.489                                       | 8.56<br>L/(>1000) | 10.548<br>10.548                                       | 35.17<br>L/961.3  |
| N131/N132 | 1.905<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.905<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.905<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.905<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N133/N132 | 3.536<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.886<br>1.886   | 0.34<br>L/(>1000) | 3.536<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.414<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N133/N134 | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.429<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.643<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N135/N134 | 0.494<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.976<br>1.976   | 0.42<br>L/(>1000) | 3.457<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.988<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N135/N136 | 1.224<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.449<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.653<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.020<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N137/N136 | 1.295<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.071<br>2.071   | 0.48<br>L/(>1000) | 1.554<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.625<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N137/N138 | 1.179<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.554<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.964<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N139/N138 | 2.444<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.172<br>2.172   | 0.56<br>L/(>1000) | 3.530<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.259<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N139/N140 | 3.214<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.214<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N141/N140 | 3.702<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.278<br>2.278   | 1.19<br>L/(>1000) | 3.702<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.271<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N141/N142 | 0.696<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.018<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.482<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.250<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N143/N142 | 3.282<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.387<br>2.387   | 1.37<br>L/(>1000) | 4.178<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.476<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N143/N130 | 0.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N144/N145 | 1.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.524<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.333<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N146/N145 | 3.300<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.886<br>1.886   | 0.34<br>L/(>1000) | 3.300<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.593<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N146/N147 | 1.714<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N148/N147 | 2.963<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.976<br>1.976   | 0.42<br>L/(>1000) | 3.210<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.210<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N148/N149 | 1.020<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.633<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.020<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.449<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N150/N149 | 1.813<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.071<br>2.071   | 0.48<br>L/(>1000) | 1.813<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.071<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N150/N151 | 0.196<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.554<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.982<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.161<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N152/N151 | 1.901<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.172<br>2.172   | 0.56<br>L/(>1000) | 1.901<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.444<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N152/N153 | 3.214<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.000<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.714<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N154/N153 | 1.139<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.278<br>-   | 1.19<br>L/(>1000) | 4.271<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.702<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N154/N155 | 1.625  | 0.00           | 2.321  | 0.00           | 3.250  | 0.00           | 2.321  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N143/N155 | 2.984  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.476  | 0.00           | 0.597  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N156/N157 | 6.706  | 2.99           | 8.500  | 11.44          | 6.706  | 5.25           | 8.500  | 16.98          |
|           | 6.706  | L/(>1000)      | 8.500  | L/505.6        | 6.706  | L/(>1000)      | 8.500  | L/506.3        |
| N158/N159 | 6.706  | 3.00           | 8.500  | 11.44          | 6.706  | 5.28           | 8.500  | 16.98          |
|           | 6.706  | L/(>1000)      | 8.500  | L/505.7        | 6.706  | L/(>1000)      | 8.500  | L/506.5        |
| N157/N160 | 11.678   | 6.55           | 10.548   | 21.55          | 11.678   | 11.15          | 10.548   | 34.94          |
|           | 11.678   | L/(>1000)      | 10.548   | L/978.7        | 11.678   | L/(>1000)      | 10.548   | L/985.0        |
| N161/N162 | 2.095  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 1.905  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N163/N162 | 3.300  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 3.300  | 0.00           | 2.593  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N163/N164 | 2.143  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.929  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N165/N164 | 3.210  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.210  | 0.00           | 3.210  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N165/N166 | 2.245  | 0.00           | 2.449  | 0.00           | 2.245  | 0.00           | 2.449  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N167/N166 | 3.366  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.625  | 0.00           | 2.071  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N167/N168 | 2.946  | 0.00           | 2.750  | 0.00           | 2.554  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N169/N168 | 2.483  | 0.00           | 2.069  | 0.56           | 2.276  | 0.00           | 1.862  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.069  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N169/N170 | 3.000  | 0.00           | 3.214  | 0.00           | 2.786  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N171/N170 | 3.702  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 1.708  | 0.00           | 1.139  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N171/N172 | 2.554  | 0.00           | 2.321  | 0.00           | 3.018  | 0.00           | 2.554  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N173/N172 | 4.178  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.178  | 0.00           | 4.178  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N173/N160 | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N174/N175 | 1.524  | 0.00           | 1.524  | 0.00           | 0.952  | 0.00           | 1.143  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N176/N175 | 3.064  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 2.357  | 0.00           | 2.357  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N176/N177 | 1.286  | 0.00           | 1.286  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 1.929  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N178/N177 | 1.729  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 2.716  | 0.00           | 2.963  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N178/N179 | 2.245  | 0.00           | 2.245  | 0.00           | 2.245  | 0.00           | 2.653  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N180/N179 | 2.071  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 2.330  | 0.00           | 2.071  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N180/N181 | 2.946  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 1.768  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N182/N181 | 2.276  | 0.00           | 2.069  | 0.56           | 2.276  | 0.00           | 1.655  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.069  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N182/N183 | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N184/N183 | 2.563  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 4.271  | 0.00           | 2.847  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N184/N185 | 2.321  | 0.00           | 3.482  | 0.00           | 2.321  | 0.00           | 3.482  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N173/N185 | 3.879  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 3.581  | 0.00           | 4.476  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N186/N187 | 6.694  | 2.97           | 8.539  | 11.18          | 6.694  | 5.21           | 8.769  | 16.50          |
|           | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/527.5        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/528.0        |
| N188/N189 | 6.694  | 2.98           | 8.539  | 11.17          | 6.694  | 5.23           | 8.769  | 16.49          |
|           | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/527.6        | 6.694  | L/(>1000)      | 8.539  | L/528.6        |
| N187/N190 | 11.678   | 5.87           | 10.548   | 22.01          | 11.489   | 9.49           | 10.548   | 35.47          |
|           | 11.678   | L/(>1000)      | 10.548   | L/958.6        | 11.678   | L/(>1000)      | 10.548   | L/959.4        |
| N191/N192 | 2.095  | 0.00           | 0.952  | 0.00           | 1.143  | 0.00           | 1.714  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N193/N192 | 0.707  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 2.357  | 0.00           | 1.886  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N193/N194 | 2.357  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 2.143  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N195/N194 | 3.704  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.704  | 0.00           | 2.963  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N195/N196 | 2.653  | 0.00           | 2.449  | 0.00           | 2.653  | 0.00           | 2.449  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N197/N196 | 2.589  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 2.589  | 0.00           | 3.366  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N197/N198 | 2.357  | 0.00           | 1.768  | 0.00           | 2.750  | 0.00           | 2.750  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N199/N198 | 2.987  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 4.073  | 0.00           | 2.716  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N199/N200 | 3.214  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 2.571  | 0.00           | 1.929  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N201/N200 | 3.986  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 3.986  | 0.00           | 3.986  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N201/N202 | 2.554  | 0.00           | 2.786  | 0.00           | 3.482  | 0.00           | 0.929  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N203/N202 | 3.282  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 3.282  | 0.00           | 3.581  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N203/N190 | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N204/N205 | 0.571  | 0.00           | 1.905  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 1.905  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N206/N205 | 3.536  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 3.536  | 0.00           | 2.829  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N206/N207 | 1.714  | 0.00           | 1.500  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 1.714  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N208/N207 | 2.963  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 2.963  | 0.00           | 1.976  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N208/N209 | 0.408  | 0.00           | 2.653  | 0.00           | 2.041  | 0.00           | 2.245  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N210/N209 | 2.589  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.884  | 0.00           | 1.036  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N210/N211 | 0.982  | 0.00           | 2.554  | 0.00           | 0.982  | 0.00           | 2.750  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N212/N211 | 1.358  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 3.259  | 0.00           | 3.530  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N212/N213 | 3.000  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 2.786  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N214/N213 | 2.563  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 3.702  | 0.00           | 3.702  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N214/N215 | 1.625  | 0.00           | 3.482  | 0.00           | 1.625  | 0.00           | 2.786  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N203/N215 | 4.476  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.476  | 0.00           | 2.387  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N216/N217 | 6.694  | 3.01           | 8.539  | 11.09          | 6.694  | 5.21           | 8.769  | 17.19          |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/529.6  | -              | L/(>1000)  | -              | L/530.6  | -              |
| N218/N219 | 6.694  | 3.02           | 8.539  | 11.09          | 6.694  | 5.23           | 8.769  | 17.19          |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/529.6  | -              | L/(>1000)  | -              | L/530.5  | -              |
| N217/N220 | 11.489   | 7.89           | 10.548   | 21.48          | 11.489   | 12.83          | 10.548   | 36.73          |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/981.9  | -              | L/(>1000)  | -              | L/988.5  | -              |
| N221/N222 | 1.524  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 1.714  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N223/N222 | 3.300  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 3.300  | 0.00           | 3.300  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N223/N224 | 2.357  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 1.071  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N225/N224 | 3.457  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.704  | 0.00           | 3.457  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N225/N226 | 1.837  | 0.00           | 2.449  | 0.00           | 1.837  | 0.00           | 2.449  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N227/N226 | 1.554  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 1.554  | 0.00           | 1.554  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N227/N228 | 2.357  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 1.571  | 0.00           | 1.571  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N229/N228 | 4.073  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 4.073  | 0.00           | 3.530  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N229/N230 | 3.000  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.500  | 0.00           | 3.214  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N231/N230 | 3.986  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 3.986  | 0.00           | 4.271  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N231/N232 | 2.321  | 0.00           | 3.250  | 0.00           | 2.786  | 0.00           | 3.018  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              | L/(>1000)  | -              |
| N233/N232 | 3.879  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.178  | 0.00           | 0.298  | 0.00           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N233/N220 | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N234/N235 | 1.905  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 1.714  | 0.00           | 0.571  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N236/N235 | 2.829  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 2.829  | 0.00           | 3.064  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N236/N237 | 1.286  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 1.286  | 0.00           | 1.929  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N238/N237 | 3.704  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.704  | 0.00           | 2.223  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N238/N239 | 2.041  | 0.00           | 2.449  | 0.00           | 2.041  | 0.00           | 1.224  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N240/N239 | 2.848  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.107  | 0.00           | 3.366  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N240/N241 | 2.357  | 0.00           | 1.179  | 0.00           | 2.357  | 0.00           | 2.750  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N242/N241 | 3.802  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 3.802  | 0.00           | 2.172  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N242/N243 | 2.786  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.500  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N244/N243 | 4.271  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 4.271  | 0.00           | 2.278  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N244/N245 | 3.250  | 0.00           | 3.250  | 0.00           | 3.250  | 0.00           | 3.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N233/N245 | 4.178  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 4.178  | 0.00           | 2.387  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N246/N247 | 6.463  | 2.65           | 8.769  | 6.28           | 6.694  | 4.92           | 8.769  | 11.12          |
|           | 6.463  | L/(>1000)      | 8.769  | L/892.6        | 6.463  | L/(>1000)      | 8.769  | L/892.9        |
| N248/N249 | 6.463  | 2.66           | 8.769  | 6.28           | 6.694  | 4.94           | 8.769  | 11.12          |
|           | 6.463  | L/(>1000)      | 8.769  | L/892.6        | 6.463  | L/(>1000)      | 8.769  | L/892.9        |
| N247/N250 | 15.068   | 7.53           | 10.648   | 14.29          | 14.503   | 11.66          | 10.648   | 26.23          |
|           | 18.835   | L/(>1000)      | 10.648   | L/(>1000)      | 18.835   | L/(>1000)      | 10.447   | L/(>1000)      |
| N251/N252 | 2.095  | 0.00           | 0.952  | 0.00           | 0.762  | 0.00           | 1.524  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N253/N252 | 2.357  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 2.357  | 0.00           | 1.650  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N253/N254 | 1.071  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.929  | 0.00           | 2.143  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N255/N254 | 3.210  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.210  | 0.00           | 3.457  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N255/N256 | 2.245  | 0.00           | 2.041  | 0.00           | 1.837  | 0.00           | 1.837  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N257/N256 | 3.884  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.366  | 0.00           | 1.036  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N257/N258 | 2.554  | 0.00           | 2.750  | 0.00           | 2.750  | 0.00           | 2.750  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N259/N258 | 3.530  | 0.00           | 2.172  | 0.56           | 3.530  | 0.00           | 3.530  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N259/N260 | 1.286  | 0.00           | 3.214  | 0.00           | 1.286  | 0.00           | 0.429  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N261/N260 | 3.986  | 0.00           | 2.278  | 1.19           | 3.986  | 0.00           | 1.139  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.278  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N261/N262 | 2.321  | 0.00           | 2.321  | 0.00           | 2.321  | 0.00           | 3.482  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N263/N262 | 3.581  | 0.00           | 2.387  | 1.37           | 3.581  | 0.00           | 1.194  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N263/N250 | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N264/N265 | 2.095  | 0.00           | 1.143  | 0.00           | 2.095  | 0.00           | 1.714  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N266/N265 | 2.357  | 0.00           | 1.886  | 0.34           | 2.357  | 0.00           | 3.536  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.886  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N266/N267 | 2.357  | 0.00           | 0.429  | 0.00           | 2.143  | 0.00           | 1.929  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N268/N267 | 3.704  | 0.00           | 1.976  | 0.42           | 3.704  | 0.00           | 3.457  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N268/N269 | 1.429  | 0.00           | 1.837  | 0.00           | 1.429  | 0.00           | 2.449  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N270/N269 | 3.884  | 0.00           | 2.071  | 0.48           | 3.884  | 0.00           | 2.848  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.071  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N270/N271 | 2.946  | 0.00           | 2.554  | 0.00           | 2.554  | 0.00           | 2.554  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                   |  |                   |  |                   |  |                   |
|-----------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                   | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                   | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                   | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                   |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    |
| N272/N271 | 3.802<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.172<br>2.172   | 0.56<br>L/(>1000) | 2.987<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.802<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N272/N273 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N274/N273 | 0.854<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.278<br>2.278   | 1.19<br>L/(>1000) | 3.132<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.132<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N274/N275 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.482<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.482<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N263/N275 | 4.476<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.387<br>2.387   | 1.37<br>L/(>1000) | 4.476<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.387<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N276/N277 | 5.666<br>8.511   | 2.38<br>L/(>1000) | 7.088<br>4.779   | 1.90<br>L/(>1000) | 5.666<br>8.511   | 4.13<br>L/(>1000) | 5.310<br>4.514   | 3.75<br>L/(>1000) |
| N278/N279 | 5.666<br>8.511   | 2.39<br>L/(>1000) | 7.088<br>4.779   | 1.90<br>L/(>1000) | 5.666<br>8.511   | 4.15<br>L/(>1000) | 5.310<br>4.514   | 3.75<br>L/(>1000) |
| N277/N280 | 18.646<br>18.646                                       | 22.14<br>L/214.5  | 18.458<br>18.458                                       | 2.71<br>L/(>1000) | 18.646<br>18.646                                       | 37.44<br>L/214.8  | 18.458<br>18.458                                       | 4.57<br>L/(>1000) |
| N279/N280 | 18.646<br>18.646                                       | 22.14<br>L/214.5  | 18.458<br>18.458                                       | 2.71<br>L/(>1000) | 18.646<br>18.646                                       | 37.44<br>L/214.8  | 18.458<br>18.458                                       | 4.57<br>L/(>1000) |
| N11/N7    | 2.930<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.803<br>1.803   | 0.29<br>L/(>1000) | 2.930<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.155<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N11/N13   | 1.500<br>1.500   | 0.18<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.15<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.31<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.19<br>L/(>1000) |
| N13/N15   | 1.500<br>1.500   | 0.19<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.36<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.30<br>L/(>1000) |
| N15/N17   | 1.500<br>1.500   | 0.15<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.20<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.27<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.26<br>L/(>1000) |
| N17/N19   | 1.714<br>1.714   | 0.15<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.21<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.714   | 0.30<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.27<br>L/(>1000) |
| N19/N21   | 1.500<br>1.500   | 0.37<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.53<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.31<br>L/(>1000) |
| N21/N23   | 1.500<br>1.500   | 0.47<br>L/(>1000) | 1.286<br>1.286   | 0.12<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.65<br>L/(>1000) | 1.286<br>1.286   | 0.16<br>L/(>1000) |
| N23/N34   | 1.500<br>1.500   | 0.47<br>L/(>1000) | 1.714<br>1.714   | 0.12<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.65<br>L/(>1000) | 1.714<br>1.500   | 0.16<br>L/(>1000) |
| N34/N32   | 1.500<br>1.500   | 0.37<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.53<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.31<br>L/(>1000) |
| N32/N30   | 1.286<br>1.286   | 0.15<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.21<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.286   | 0.30<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.27<br>L/(>1000) |
| N30/N28   | 1.500<br>1.500   | 0.15<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.20<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.27<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.26<br>L/(>1000) |
| N28/N26   | 1.500<br>1.500   | 0.19<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.36<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.30<br>L/(>1000) |
| N26/N24   | 1.500<br>1.500   | 0.18<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.15<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.31<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.19<br>L/(>1000) |
| N24/N9    | 2.253<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.803<br>1.803   | 0.29<br>L/(>1000) | 2.253<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.155<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N41/N37   | 1.352<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.803<br>1.803   | 0.29<br>L/(>1000) | 3.155<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.930<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) |
| N41/N43   | 1.500<br>1.500   | 0.20<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.36<br>L/(>1000) | 1.714<br>1.714   | 0.35<br>L/(>1000) |
| N43/N45   | 1.500<br>1.500   | 0.22<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.36<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.40<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.53<br>L/(>1000) |
| N45/N47   | 1.500<br>1.500   | 0.13<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.34<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.24<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.51<br>L/(>1000) |
| N47/N49   | 1.500<br>1.500   | 0.12<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.35<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.25<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.53<br>L/(>1000) |
| N49/N51   | 1.500<br>1.500   | 0.18<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.38<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.34<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.57<br>L/(>1000) |
| N51/N53   | 1.500<br>1.500   | 0.21<br>L/(>1000) | 1.286<br>1.286   | 0.19<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.40<br>L/(>1000) | 1.286<br>1.286   | 0.28<br>L/(>1000) |
| N53/N64   | 1.500<br>1.500   | 0.21<br>L/(>1000) | 1.714<br>1.714   | 0.19<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.40<br>L/(>1000) | 1.714<br>1.714   | 0.28<br>L/(>1000) |
| N64/N62   | 1.500<br>1.500   | 0.18<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.38<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.34<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.57<br>L/(>1000) |
| N62/N60   | 1.500<br>1.500   | 0.12<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.35<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.25<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.53<br>L/(>1000) |
| N60/N58   | 1.500<br>1.500   | 0.13<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.34<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.24<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.51<br>L/(>1000) |
| N58/N56   | 1.500<br>1.500   | 0.22<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.36<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.40<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.53<br>L/(>1000) |
| N56/N54   | 1.500<br>1.500   | 0.20<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.36<br>L/(>1000) | 1.286<br>1.286   | 0.35<br>L/(>1000) |
| N54/N39   | 2.028  | 0.00              | 1.803  | 0.29              | 3.155  | 0.00              | 3.155  | 0.00              |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N71/N67   | -  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       |
|           | 2.704  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 3.380  | 0.00           | 3.155  | 0.00           |
| N71/N73   | -  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.16           | 1.714  | 0.33           | 1.500  | 0.29           | 1.714  | 0.48           |
| N73/N75   | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.72           |
| N75/N77   | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.12           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.24           | 1.500  | 0.71           |
| N77/N79   | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.47           | 1.500  | 0.31           | 1.500  | 0.72           |
| N79/N81   | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.37           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.56           | 1.500  | 0.77           |
| N81/N83   | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.47           | 1.286  | 0.25           | 1.500  | 0.70           | 1.286  | 0.38           |
| N83/N94   | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.47           | 1.714  | 0.25           | 1.500  | 0.70           | 1.714  | 0.38           |
| N94/N92   | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.37           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.56           | 1.500  | 0.77           |
| N92/N90   | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.47           | 1.500  | 0.31           | 1.500  | 0.72           |
| N90/N88   | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.12           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.24           | 1.500  | 0.71           |
| N88/N86   | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.72           |
| N86/N84   | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.16           | 1.286  | 0.33           | 1.500  | 0.29           | 1.286  | 0.48           |
| N84/N69   | 0.901  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | 0.901  | L(>1000)       | 3.155  | L(>1000)       |
|           | -  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | -  | 0.00           | -  | 0.00           |
| N101/N97  | 1.803  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | 3.155  | L(>1000)       | 2.930  | L(>1000)       |
|           | -  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | -  | 0.00           | -  | 0.00           |
| N101/N103 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.17           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.33           | 1.714  | 0.48           |
| N103/N105 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.19           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.37           | 1.500  | 0.72           |
| N105/N107 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.13           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.23           | 1.500  | 0.70           |
| N107/N109 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.13           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.72           |
| N109/N111 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.77           |
| N111/N113 | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.26           | 1.286  | 0.24           | 1.500  | 0.38           | 1.286  | 0.37           |
| N113/N124 | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.26           | 1.714  | 0.24           | 1.500  | 0.38           | 1.714  | 0.37           |
| N124/N122 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.77           |
| N122/N120 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.13           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.72           |
| N120/N118 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.13           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.23           | 1.500  | 0.70           |
| N118/N116 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.19           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.37           | 1.500  | 0.72           |
| N116/N114 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.17           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.33           | 1.286  | 0.48           |
| N114/N99  | 3.155  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | 3.155  | L(>1000)       | 2.253  | L(>1000)       |
|           | -  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | -  | 0.00           | -  | 0.00           |
| N131/N127 | 2.028  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | 2.253  | L(>1000)       | 3.380  | L(>1000)       |
|           | -  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | -  | 0.00           | -  | 0.00           |
| N131/N133 | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.15           | 1.714  | 0.33           | 1.500  | 0.28           | 1.714  | 0.48           |
| N133/N135 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.34           | 1.500  | 0.72           |
| N135/N137 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.15           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.26           | 1.500  | 0.70           |
| N137/N139 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.20           | 1.500  | 0.47           | 1.500  | 0.34           | 1.500  | 0.72           |
| N139/N141 | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.35           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.58           | 1.500  | 0.77           |
| N141/N143 | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.42           | 1.286  | 0.25           | 1.500  | 0.70           | 1.286  | 0.38           |
| N143/N154 | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.500  | 0.42           | 1.714  | 0.25           | 1.500  | 0.70           | 1.714  | 0.38           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N154/N152 | 1.500  | 0.35           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.58           | 1.500  | 0.77           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N152/N150 | 1.500  | 0.20           | 1.500  | 0.47           | 1.500  | 0.34           | 1.500  | 0.72           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N150/N148 | 1.500  | 0.15           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.26           | 1.500  | 0.70           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N148/N146 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.34           | 1.500  | 0.72           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N146/N144 | 1.500  | 0.15           | 1.286  | 0.33           | 1.500  | 0.28           | 1.286  | 0.48           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N144/N129 | 0.451  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 0.451  | 0.00           | 3.155  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.803  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N161/N157 | 3.155  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 3.155  | 0.00           | 3.155  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.803  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N161/N163 | 1.500  | 0.17           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.34           | 1.714  | 0.48           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N163/N165 | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.39           | 1.500  | 0.71           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N165/N167 | 1.500  | 0.15           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.26           | 1.500  | 0.70           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N167/N169 | 1.600  | 0.16           | 1.600  | 0.46           | 1.600  | 0.24           | 1.600  | 0.71           |
|           | 1.600  | L/(>1000)      | 1.600  | L/(>1000)      | 1.600  | L/(>1000)      | 1.400  | L/(>1000)      |
| N169/N171 | 1.500  | 0.26           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.37           | 1.500  | 0.76           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N171/N173 | 1.500  | 0.32           | 1.286  | 0.24           | 1.500  | 0.45           | 1.286  | 0.37           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N173/N184 | 1.500  | 0.32           | 1.714  | 0.24           | 1.500  | 0.45           | 1.714  | 0.37           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N184/N182 | 1.500  | 0.26           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.37           | 1.500  | 0.76           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N182/N180 | 1.400  | 0.16           | 1.400  | 0.46           | 1.400  | 0.24           | 1.400  | 0.71           |
|           | 1.400  | L/(>1000)      | 1.400  | L/(>1000)      | 1.400  | L/(>1000)      | 1.600  | L/(>1000)      |
| N180/N178 | 1.500  | 0.15           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.26           | 1.500  | 0.70           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N178/N176 | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.39           | 1.500  | 0.71           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N176/N174 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.34           | 1.286  | 0.48           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N174/N159 | 3.380  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 2.253  | 0.00           | 3.380  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.803  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N191/N187 | 2.704  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 2.704  | 0.00           | 2.704  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.803  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N191/N193 | 1.500  | 0.17           | 1.714  | 0.33           | 1.500  | 0.31           | 1.714  | 0.49           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N193/N195 | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.38           | 1.500  | 0.73           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N195/N197 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.71           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N197/N199 | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.47           | 1.500  | 0.36           | 1.500  | 0.73           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N199/N201 | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.59           | 1.500  | 0.78           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N201/N203 | 1.500  | 0.38           | 1.286  | 0.25           | 1.500  | 0.70           | 1.286  | 0.39           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N203/N214 | 1.500  | 0.38           | 1.714  | 0.25           | 1.500  | 0.70           | 1.714  | 0.39           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N214/N212 | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.49           | 1.500  | 0.59           | 1.500  | 0.78           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N212/N210 | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.47           | 1.500  | 0.36           | 1.500  | 0.73           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N210/N208 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.71           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N208/N206 | 1.500  | 0.21           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.38           | 1.500  | 0.73           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N206/N204 | 1.500  | 0.17           | 1.286  | 0.33           | 1.500  | 0.31           | 1.286  | 0.49           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N204/N189 | 3.155  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 3.380  | 0.00           | 3.155  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.803  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N221/N217 | 2.253  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 2.253  | 0.00           | 3.380  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.803  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N221/N223 | 1.500  | 0.19           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.36           | 1.714  | 0.50           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N223/N225 | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.41           | 1.500  | 0.75           |

| Flechas   |  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
| Grupo     | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | N225/N227  | 1.500          | L(>1000)   | 1.500          | L(>1000)   | 1.500          | L(>1000)   | 1.500          |
|           | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.30           | 1.500  | 0.74           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N227/N229 | 1.500  | 0.19           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.75           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N229/N231 | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.42           | 1.500  | 0.81           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N231/N233 | 1.500  | 0.35           | 1.286  | 0.24           | 1.500  | 0.51           | 1.286  | 0.39           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
| N233/N244 | 1.500  | 0.35           | 1.714  | 0.24           | 1.500  | 0.51           | 1.714  | 0.39           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
| N244/N242 | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.48           | 1.500  | 0.42           | 1.500  | 0.81           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N242/N240 | 1.500  | 0.19           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.75           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N240/N238 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.30           | 1.500  | 0.74           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N238/N236 | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.46           | 1.500  | 0.41           | 1.500  | 0.75           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N236/N234 | 1.500  | 0.19           | 1.500  | 0.32           | 1.500  | 0.36           | 1.286  | 0.50           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N234/N219 | 2.704  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 3.380  | 0.00           | 2.479  | 0.00           |
|           | -  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       |
| N251/N247 | 1.577  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 1.577  | 0.00           | 2.028  | 0.00           |
|           | -  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       |
| N251/N253 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.34           | 1.714  | 0.36           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N253/N255 | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.41           | 1.500  | 0.55           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N255/N257 | 1.500  | 0.23           | 1.500  | 0.30           | 1.500  | 0.40           | 1.500  | 0.51           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N257/N259 | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.30           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.52           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N259/N261 | 1.500  | 0.40           | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.69           | 1.500  | 0.58           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N261/N263 | 1.500  | 0.46           | 1.286  | 0.17           | 1.500  | 0.81           | 1.286  | 0.28           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
| N263/N274 | 1.500  | 0.46           | 1.714  | 0.17           | 1.500  | 0.81           | 1.714  | 0.28           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
| N274/N272 | 1.500  | 0.40           | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.69           | 1.500  | 0.58           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N272/N270 | 1.500  | 0.29           | 1.500  | 0.30           | 1.500  | 0.45           | 1.500  | 0.52           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N270/N268 | 1.500  | 0.23           | 1.500  | 0.30           | 1.500  | 0.40           | 1.500  | 0.51           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N268/N266 | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.33           | 1.500  | 0.41           | 1.500  | 0.55           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N266/N264 | 1.500  | 0.18           | 1.500  | 0.22           | 1.500  | 0.34           | 1.286  | 0.36           |
|           | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
| N264/N249 | 1.577  | 0.00           | 1.803  | 0.29           | 1.577  | 0.00           | 2.479  | 0.00           |
|           | -  | L(>1000)       | 1.803  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       |
| N281/N290 | 6.804  | 2.14           | 6.804  | 3.42           | 6.505  | 4.24           | 6.206  | 5.74           |
|           | 6.804  | L(>1000)       | 6.804  | L(>1000)       | 6.505  | L(>1000)       | 6.804  | L(>1000)       |
| N282/N291 | 6.057  | 1.88           | 5.045  | 5.34           | 6.057  | 3.65           | 5.310  | 9.24           |
|           | 6.057  | L(>1000)       | 5.045  | L(>1000)       | 6.057  | L(>1000)       | 5.310  | L(>1000)       |
| N283/N292 | 6.994  | 2.02           | 3.186  | 5.26           | 6.994  | 3.95           | 3.452  | 8.94           |
|           | 6.994  | L(>1000)       | 3.186  | L(>1000)       | 7.331  | L(>1000)       | 3.186  | L(>1000)       |
| N284/N293 | 7.474  | 1.90           | 2.921  | 6.12           | 7.474  | 3.72           | 7.113  | 10.48          |
|           | 7.474  | L(>1000)       | 2.921  | L(>1000)       | 7.474  | L(>1000)       | 2.921  | L(>1000)       |
| N285/N280 | 7.617  | 1.55           | 7.232  | 6.57           | 7.617  | 3.10           | 7.617  | 11.81          |
|           | 7.617  | L(>1000)       | 2.921  | L(>1000)       | 7.617  | L(>1000)       | 2.921  | L(>1000)       |
| N286/N294 | 7.474  | 1.89           | 2.921  | 6.12           | 7.474  | 3.72           | 7.113  | 10.48          |
|           | 7.474  | L(>1000)       | 2.921  | L(>1000)       | 7.474  | L(>1000)       | 2.921  | L(>1000)       |
| N287/N295 | 6.994  | 2.02           | 3.186  | 5.26           | 6.994  | 3.95           | 3.452  | 8.93           |
|           | 6.994  | L(>1000)       | 3.186  | L(>1000)       | 7.331  | L(>1000)       | 3.186  | L(>1000)       |
| N288/N296 | 6.057  | 1.88           | 5.045  | 5.29           | 6.057  | 3.65           | 5.310  | 9.18           |
|           | 6.057  | L(>1000)       | 5.045  | L(>1000)       | 6.057  | L(>1000)       | 5.310  | L(>1000)       |
| N289/N297 | 6.804  | 2.14           | 6.804  | 3.39           | 6.505  | 4.24           | 6.206  | 5.75           |
|           | 6.804  | L(>1000)       | 6.804  | L(>1000)       | 6.505  | L(>1000)       | 6.804  | L(>1000)       |
| N306/N307 | 6.804  | 1.89           | 5.310  | 4.06           | 6.505  | 3.19           | 5.123  | 6.42           |
|           | 6.804  | L(>1000)       | 5.310  | L(>1000)       | 6.804  | L(>1000)       | 5.310  | L(>1000)       |
| N305/N308 | 6.057  | 1.62           | 5.310  | 6.57           | 6.057  | 2.89           | 5.045  | 10.90          |
|           | 6.057  | L(>1000)       | 5.310  | L(>1000)       | 5.683  | L(>1000)       | 5.310  | L(>1000)       |

| Grupo     | Flechas  |                   |  |                   |  |                   |  |                    |
|-----------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|--------------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                   | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                   | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                   | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                    |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)    | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm)     |
| N304/N309 | 7.331<br>7.331   | 1.85<br>L/(>1000) | 5.647<br>5.647   | 6.35<br>L/(>1000) | 7.331<br>7.331   | 3.24<br>L/(>1000) | 5.310<br>5.310   | 9.45<br>L/(>1000)  |
| N303/N310 | 7.474<br>7.474   | 1.44<br>L/(>1000) | 5.671<br>5.671   | 7.33<br>L/(>1000) | 7.474<br>7.113   | 2.73<br>L/(>1000) | 6.392<br>5.671   | 11.29<br>L/(>1000) |
| N302/N5   | 7.617<br>7.617   | 1.17<br>L/(>1000) | 5.310<br>5.310   | 7.85<br>L/(>1000) | 7.617<br>7.617   | 2.34<br>L/(>1000) | 5.695<br>5.045   | 12.25<br>L/(>1000) |
| N301/N311 | 7.474<br>7.474   | 1.46<br>L/(>1000) | 5.671<br>5.671   | 7.34<br>L/(>1000) | 7.474<br>7.474   | 2.73<br>L/(>1000) | 6.392<br>5.671   | 11.29<br>L/(>1000) |
| N300/N312 | 7.331<br>7.331   | 1.86<br>L/(>1000) | 5.647<br>5.647   | 6.35<br>L/(>1000) | 7.331<br>7.331   | 3.23<br>L/(>1000) | 5.310<br>5.310   | 9.46<br>L/(>1000)  |
| N299/N313 | 6.057<br>6.057   | 1.63<br>L/(>1000) | 5.310<br>5.310   | 6.56<br>L/(>1000) | 6.057<br>6.057   | 2.88<br>L/(>1000) | 5.310<br>5.310   | 10.92<br>L/(>1000) |
| N298/N314 | 6.804<br>6.804   | 1.90<br>L/(>1000) | 5.310<br>5.310   | 4.06<br>L/(>1000) | 6.505<br>6.505   | 3.19<br>L/(>1000) | 5.123<br>5.310   | 6.43<br>L/(>1000)  |
| N4/N9     | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.12<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N314/N25  | 1.714<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N5/N10    | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N311/N315 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N2/N7     | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.12<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N307/N12  | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N308/N317 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N309/N318 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N310/N319 | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N313/N320 | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N247/N277 | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.12<br>L/(>1000) | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N252/N297 | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N321/N296 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N322/N295 | 0.857<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N323/N294 | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N250/N280 | 1.929<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N324/N293 | 1.714<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N325/N292 | 1.286<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 1.071<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N326/N291 | 2.143<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N265/N290 | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.23<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.071<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N249/N279 | 2.786<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 1.500<br>1.500   | 0.12<br>L/(>1000) | 2.571<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.357<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N247/N297 | 3.455<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.986<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.189<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.923<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N297/N321 | 3.134<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.447<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.134<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.447<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N321/N295 | 4.701<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.313<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.701<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 0.313<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N295/N323 | 5.119<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.656<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 5.119<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.388<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N323/N280 | 3.656<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.560<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.388<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 2.560<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N324/N280 | 2.925<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 5.485<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.656<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 5.119<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N292/N324 | 4.753<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.022<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.753<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 5.485<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N326/N292 | 3.761<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.074<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.761<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.701<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |
| N290/N326 | 3.761<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.447<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 3.761<br>-   | 0.00<br>L/(>1000) | 4.388<br>-   | 0.00<br>L/(>1000)  |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N249/N290 | 3.986  | 0.00           | 3.986  | 0.00           | 2.658  | 0.00           | 3.986  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N279/N265 | 3.189  | 0.00           | 3.986  | 0.00           | 3.455  | 0.00           | 3.986  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N265/N291 | 3.134  | 0.00           | 3.447  | 0.00           | 3.761  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N291/N325 | 2.507  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 2.507  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N325/N293 | 5.485  | 0.00           | 1.097  | 0.00           | 5.485  | 0.00           | 4.388  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N293/N250 | 4.022  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.022  | 0.00           | 3.656  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N294/N250 | 5.119  | 0.00           | 3.656  | 0.00           | 5.119  | 0.00           | 3.656  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N322/N294 | 4.753  | 0.00           | 1.828  | 0.00           | 4.753  | 0.00           | 1.828  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N296/N322 | 4.701  | 0.00           | 4.074  | 0.00           | 4.701  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N252/N296 | 3.761  | 0.00           | 3.447  | 0.00           | 4.701  | 0.00           | 4.701  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N277/N252 | 2.658  | 0.00           | 3.721  | 0.00           | 2.658  | 0.00           | 3.721  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N4/N25    | 2.392  | 0.00           | 3.986  | 0.00           | 2.392  | 0.00           | 3.986  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N25/N313  | 4.074  | 0.00           | 4.701  | 0.00           | 4.074  | 0.00           | 4.701  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N313/N316 | 4.388  | 0.00           | 4.701  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.701  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N316/N311 | 3.656  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 3.656  | 0.00           | 4.388  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N311/N10  | 4.388  | 0.00           | 5.119  | 0.00           | 4.022  | 0.00           | 4.753  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N310/N10  | 4.388  | 0.00           | 4.022  | 0.00           | 3.656  | 0.00           | 4.022  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N318/N310 | 4.753  | 0.00           | 5.119  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.753  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N308/N318 | 4.701  | 0.00           | 4.074  | 0.00           | 4.701  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N12/N308  | 4.388  | 0.00           | 3.761  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N2/N12    | 3.721  | 0.00           | 3.189  | 0.00           | 3.721  | 0.00           | 3.189  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N7/N307   | 2.392  | 0.00           | 2.923  | 0.00           | 2.392  | 0.00           | 2.923  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N307/N317 | 4.388  | 0.00           | 3.134  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 3.134  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N317/N309 | 4.388  | 0.00           | 1.880  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 3.447  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N309/N319 | 3.291  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 5.485  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N319/N5   | 5.485  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.022  | 0.00           | 4.022  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N315/N5   | 4.388  | 0.00           | 1.828  | 0.00           | 5.485  | 0.00           | 4.753  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N312/N315 | 4.388  | 0.00           | 4.022  | 0.00           | 4.388  | 0.00           | 4.753  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N320/N312 | 4.074  | 0.00           | 4.074  | 0.00           | 4.074  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N314/N320 | 3.447  | 0.00           | 3.134  | 0.00           | 4.074  | 0.00           | 4.074  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N9/N314   | 3.455  | 0.00           | 3.455  | 0.00           | 3.455  | 0.00           | 3.455  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N327/N41  | 1.714  | 0.07           | 1.500  | 0.11           | 1.714  | 0.12           | 1.714  | 0.09           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N328/N71  | 1.714  | 0.05           | 1.500  | 0.13           | 1.714  | 0.10           | 1.714  | 0.13           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N329/N101 | 1.714  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.714  | 0.11           | 1.714  | 0.13           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N330/N131 | 1.714  | 0.05           | 1.500  | 0.13           | 1.714  | 0.10           | 1.714  | 0.13           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N331/N161 | 1.714  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.714  | 0.12           | 1.714  | 0.13           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N332/N191 | 1.714  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.714  | 0.11           | 1.714  | 0.13           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N333/N221 | 1.714  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.714  | 0.12           | 1.714  | 0.13           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N334/N251 | 1.714  | 0.06           | 1.500  | 0.10           | 1.714  | 0.12           | 1.714  | 0.09           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N344/N111 | 1.714  | 0.06           | 1.500  | 0.09           | 1.714  | 0.11           | 1.714  | 0.06           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N9/N39    | 2.786  | 0.00           | 1.500  | 0.12           | 2.786  | 0.00           | 2.143  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N39/N69   | 4.875  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 5.625  | 0.00           | 3.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N69/N99   | 5.625  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 3.000  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N99/N129  | 4.500  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 3.750  | 0.00           | 0.750  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N129/N159 | 1.875  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 5.625  | 0.00           | 3.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N159/N189 | 3.375  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 3.000  | 0.00           | 2.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N189/N219 | 3.375  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 3.375  | 0.00           | 3.750  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N219/N249 | 3.750  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 4.500  | 0.00           | 5.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N217/N247 | 1.875  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 1.875  | 0.00           | 2.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N187/N217 | 3.750  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 3.375  | 0.00           | 3.375  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N157/N187 | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N127/N157 | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 4.875  | 0.00           | 2.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N97/N127  | 3.000  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 5.625  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N67/N97   | 2.625  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 1.875  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N37/N67   | 5.625  | 0.00           | 3.000  | 1.79           | 5.625  | 0.00           | 2.250  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N7/N37    | 2.143  | 0.00           | 1.500  | 0.12           | 2.786  | 0.00           | 1.500  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N347/N346 | 1.714  | 0.11           | 2.143  | 0.12           | 1.714  | 0.19           | 2.143  | 0.18           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      |
| N348/N347 | 1.071  | 0.07           | 0.857  | 0.08           | 2.143  | 0.12           | 0.857  | 0.15           |
|           | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      |
| N349/N345 | 1.714  | 0.46           | 1.500  | 0.18           | 1.714  | 0.88           | 1.929  | 0.31           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N350/N349 | 4.500  | 0.64           | 3.000  | 1.68           | 4.500  | 1.19           | 2.625  | 1.17           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N351/N350 | 3.750  | 0.30           | 3.375  | 1.41           | 3.750  | 0.57           | 3.750  | 0.99           |
|           | 3.750  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.125  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N352/N351 | 1.500  | 0.10           | 3.375  | 1.44           | 1.500  | 0.17           | 3.750  | 1.02           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N353/N352 | 4.875  | 0.04           | 3.375  | 1.44           | 4.875  | 0.06           | 3.750  | 1.01           |
|           | 4.875  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.875  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N354/N353 | 4.500  | 0.09           | 3.375  | 1.44           | 4.500  | 0.14           | 3.750  | 1.01           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N355/N354 | 2.250  | 0.35           | 3.375  | 1.42           | 2.250  | 0.63           | 3.750  | 1.00           |
|           | 2.250  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N356/N355 | 1.500  | 0.60           | 3.000  | 1.64           | 1.500  | 1.11           | 3.375  | 1.16           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N357/N356 | 1.286  | 0.26           | 2.143  | 0.10           | 1.286  | 0.45           | 2.357  | 0.12           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      |
| N358/N357 | 0.857  | 0.15           | 1.071  | 0.16           | 0.857  | 0.27           | 0.857  | 0.28           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N345/N249 | 6.030  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 6.030  | 0.00           | 5.226  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N349/N279 | 6.030  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 3.618  | 0.00           | 5.226  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N357/N4   | 5.226  | 0.00           | 6.030  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 5.628  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N348/N357 | 2.578  | 0.00           | 3.516  | 0.00           | 2.578  | 0.00           | 3.047  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N8/N348   | 2.410  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N358/N9   | 4.020  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 4.020  | 0.00           | 5.226  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N347/N358 | 2.813  | 0.00           | 3.516  | 0.00           | 2.813  | 0.00           | 3.281  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N3/N347   | 2.678  | 0.00           | 3.750  | 0.00           | 2.678  | 0.00           | 2.946  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N359/N361 | 1.071  | 0.09           | 0.857  | 0.08           | 2.143  | 0.13           | 0.857  | 0.15           |
|           | 0.643  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      |
| N361/N362 | 1.500  | 0.12           | 2.143  | 0.12           | 1.714  | 0.20           | 2.143  | 0.18           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      |
| N360/N363 | 0.857  | 0.15           | 1.071  | 0.16           | 0.857  | 0.27           | 0.857  | 0.28           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N363/N364 | 1.286  | 0.26           | 2.143  | 0.10           | 1.286  | 0.46           | 2.357  | 0.12           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      |
| N364/N365 | 1.500  | 0.60           | 3.000  | 1.64           | 1.500  | 1.11           | 3.375  | 1.16           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N365/N366 | 2.250  | 0.35           | 3.375  | 1.42           | 2.250  | 0.63           | 3.750  | 1.00           |
|           | 2.250  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N366/N367 | 4.500  | 0.09           | 3.375  | 1.44           | 4.500  | 0.14           | 3.750  | 1.01           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N367/N368 | 4.875  | 0.04           | 3.375  | 1.44           | 4.875  | 0.06           | 3.750  | 1.01           |
|           | 4.875  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.875  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N368/N369 | 1.500  | 0.10           | 3.375  | 1.44           | 1.500  | 0.17           | 3.750  | 1.02           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N369/N370 | 3.750  | 0.30           | 3.375  | 1.41           | 3.750  | 0.57           | 3.750  | 0.99           |
|           | 3.750  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.125  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      |
| N370/N371 | 4.500  | 0.63           | 3.000  | 1.68           | 4.500  | 1.18           | 2.625  | 1.17           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N371/N372 | 1.714  | 0.45           | 1.500  | 0.18           | 1.714  | 0.88           | 1.929  | 0.31           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      |
| N371/N277 | 5.226  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 5.226  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N372/N247 | 5.628  | 0.00           | 4.020  | 0.00           | 6.030  | 0.00           | 4.824  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N360/N7   | 6.030  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 5.226  | 0.00           | 2.814  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N361/N360 | 3.047  | 0.00           | 2.578  | 0.00           | 3.047  | 0.00           | 2.578  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N1/N361   | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N363/N2   | 4.824  | 0.00           | 6.030  | 0.00           | 6.030  | 0.00           | 6.030  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N359/N363 | 2.813  | 0.00           | 3.281  | 0.00           | 2.344  | 0.00           | 3.281  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N6/N359   | 3.750  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           | 2.946  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N373/N345 | 0.857  | 0.23           | 1.714  | 0.42           | 0.857  | 0.36           | 1.929  | 0.44           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N374/N373 | 2.750  | 0.30           | 1.750  | 0.84           | 2.750  | 0.39           | 1.500  | 0.68           |
|           | 2.750  | L/(>1000)      | 1.750  | L/(>1000)      | 2.750  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N376/N375 | 1.250  | 0.29           | 2.250  | 0.84           | 1.250  | 0.37           | 2.500  | 0.68           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      | 1.250  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N372/N376 | 2.143  | 0.23           | 1.286  | 0.42           | 2.143  | 0.36           | 1.071  | 0.44           |
|           | 2.143  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N377/N348 | 0.643  | 0.06           | 1.286  | 0.36           | 2.357  | 0.09           | 1.071  | 0.29           |
|           | 0.643  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 0.643  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N359/N378 | 2.143  | 0.12           | 1.714  | 0.36           | 2.143  | 0.13           | 1.929  | 0.29           |
|           | 2.143  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      |
| N360/N379 | 2.143  | 0.17           | 1.286  | 0.37           | 2.357  | 0.28           | 1.071  | 0.35           |
|           | 2.143  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N379/N380 | 2.500  | 0.18           | 2.000  | 0.83           | 2.750  | 0.33           | 1.750  | 0.62           |
|           | 1.000  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      | 1.750  | L/(>1000)      |
| N380/N381 | 3.000  | 0.19           | 1.750  | 0.33           | 3.000  | 0.36           | 1.500  | 0.30           |
|           | 3.000  | L/(>1000)      | 1.750  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N381/N382 | 3.125  | 0.21           | 2.500  | 0.70           | 3.125  | 0.42           | 2.813  | 0.49           |
|           | 3.125  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 3.125  | L/(>1000)      | 2.813  | L/(>1000)      |
| N382/N383 | 3.750  | 0.18           | 2.500  | 0.66           | 3.438  | 0.27           | 2.188  | 0.46           |
|           | 3.750  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      | 2.188  | L/(>1000)      |
| N383/N384 | 1.250  | 0.18           | 2.500  | 0.66           | 1.563  | 0.27           | 2.813  | 0.46           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 1.250  | L/(>1000)      | 2.813  | L/(>1000)      |
| N384/N385 | 1.875  | 0.21           | 2.500  | 0.70           | 1.875  | 0.42           | 2.188  | 0.49           |
|           | 1.875  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 1.875  | L/(>1000)      | 2.188  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N385/N386 | 1.000  | 0.19           | 2.250  | 0.33           | 1.000  | 0.36           | 2.500  | 0.30           |
|           | 1.000  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N386/N387 | 1.500  | 0.18           | 2.000  | 0.83           | 1.250  | 0.33           | 2.250  | 0.62           |
|           | 3.000  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      |
| N387/N358 | 0.857  | 0.17           | 1.714  | 0.37           | 0.643  | 0.28           | 1.929  | 0.35           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      |
| N388/N374 | 3.000  | 0.34           | 2.250  | 0.82           | 2.750  | 0.53           | 2.500  | 0.72           |
|           | 3.000  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N389/N388 | 1.875  | 0.35           | 2.813  | 0.76           | 1.875  | 0.47           | 2.813  | 0.59           |
|           | 1.875  | L/(>1000)      | 2.813  | L/(>1000)      | 1.875  | L/(>1000)      | 2.813  | L/(>1000)      |
| N390/N389 | 2.188  | 0.24           | 2.500  | 0.67           | 1.563  | 0.43           | 2.813  | 0.47           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 1.250  | L/(>1000)      | 2.813  | L/(>1000)      |
| N391/N390 | 2.813  | 0.24           | 2.500  | 0.67           | 3.438  | 0.43           | 2.188  | 0.47           |
|           | 3.750  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      | 2.188  | L/(>1000)      |
| N392/N391 | 3.125  | 0.35           | 2.188  | 0.76           | 3.125  | 0.47           | 2.188  | 0.59           |
|           | 3.125  | L/(>1000)      | 2.188  | L/(>1000)      | 3.125  | L/(>1000)      | 2.188  | L/(>1000)      |
| N375/N392 | 1.000  | 0.33           | 1.750  | 0.82           | 1.250  | 0.52           | 1.500  | 0.72           |
|           | 1.000  | L/(>1000)      | 1.750  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N394/N393 | 1.721  | 0.91           | 0.956  | 0.44           | 1.913  | 1.32           | 0.956  | 0.81           |
|           | 1.721  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.721  | L/(>1000)      | 0.956  | L/(>1000)      |
| N396/N395 | 0.765  | 0.25           | 1.148  | 1.63           | 0.765  | 0.45           | 1.148  | 2.75           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N398/N397 | 0.765  | 0.25           | 1.148  | 1.62           | 0.765  | 0.47           | 1.148  | 2.79           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N400/N399 | 1.339  | 0.53           | 1.339  | 0.24           | 1.339  | 1.02           | 1.339  | 0.41           |
|           | 1.339  | L/(>1000)      | 1.339  | L/(>1000)      | 1.339  | L/(>1000)      | 1.721  | L/(>1000)      |
| N407/N401 | 1.339  | 0.53           | 1.339  | 0.24           | 1.339  | 1.02           | 1.339  | 0.42           |
|           | 1.339  | L/(>1000)      | 1.339  | L/(>1000)      | 1.339  | L/(>1000)      | 1.530  | L/(>1000)      |
| N414/N413 | 2.295  | 0.28           | 1.148  | 1.59           | 2.295  | 0.43           | 1.148  | 2.74           |
|           | 2.295  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 2.295  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N415/N408 | 0.765  | 0.24           | 1.148  | 1.63           | 0.765  | 0.45           | 1.148  | 2.75           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N416/N409 | 0.765  | 0.24           | 1.148  | 1.61           | 0.765  | 0.45           | 1.148  | 2.78           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N417/N410 | 0.765  | 0.24           | 1.148  | 1.63           | 0.765  | 0.46           | 1.148  | 2.74           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N418/N411 | 0.765  | 0.25           | 1.148  | 1.62           | 0.765  | 0.47           | 1.148  | 2.79           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N419/N412 | 0.765  | 0.26           | 1.148  | 1.59           | 0.765  | 0.47           | 1.148  | 2.68           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N408/N413 | 3.750  | 0.35           | 3.000  | 1.57           | 3.750  | 0.49           | 3.000  | 1.21           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N409/N408 | 4.500  | 0.18           | 3.000  | 1.58           | 4.500  | 0.33           | 3.375  | 1.07           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N410/N409 | 4.500  | 0.20           | 3.000  | 1.55           | 4.875  | 0.36           | 2.625  | 1.03           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N411/N410 | 1.500  | 0.22           | 3.000  | 1.56           | 1.500  | 0.41           | 2.625  | 1.05           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N412/N411 | 2.250  | 0.42           | 3.000  | 1.55           | 2.250  | 0.65           | 3.375  | 1.09           |
|           | 1.875  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.875  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N420/N388 | 1.714  | 0.51           | 1.714  | 1.87           | 1.714  | 0.81           | 1.714  | 1.88           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N421/N420 | 2.500  | 0.54           | 2.500  | 2.48           | 2.813  | 0.80           | 2.500  | 2.21           |
|           | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N421/N389 | 1.714  | 0.24           | 1.714  | 1.46           | 1.714  | 0.43           | 1.714  | 1.02           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N422/N390 | 1.714  | 0.13           | 1.714  | 1.58           | 1.714  | 0.26           | 1.714  | 1.12           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N422/N421 | 2.500  | 0.37           | 2.500  | 1.49           | 2.188  | 0.64           | 2.500  | 1.55           |
|           | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N423/N422 | 2.500  | 0.37           | 2.500  | 1.49           | 2.813  | 0.64           | 2.500  | 1.55           |
|           | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N423/N391 | 1.714  | 0.24           | 1.714  | 1.46           | 1.714  | 0.43           | 1.714  | 1.03           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N424/N423 | 2.500  | 0.53           | 2.500  | 2.48           | 2.188  | 0.80           | 2.500  | 2.21           |
|           | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      | 2.500  | L/(>1000)      |
| N424/N392 | 1.714  | 0.50           | 1.714  | 1.87           | 1.714  | 0.80           | 1.714  | 1.88           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N425/N424 | 1.500  | 0.49           | 1.000  | 0.34           | 1.500  | 0.77           | 1.000  | 0.41           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      |
| N425/N375 | 0.643  | 0.13           | 1.929  | 0.83           | 2.357  | 0.18           | 1.929  | 1.34           |
|           | 2.357  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      |
| N420/N426 | 2.500  | 0.49           | 3.000  | 0.34           | 2.500  | 0.77           | 3.000  | 0.41           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N426/N374 | 2.500  | L(>1000)       | 3.000  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 3.000  | L(>1000)       |
|           | 0.643  | 0.13           | 1.929  | 0.83           | 2.357  | 0.18           | 1.929  | 1.33           |
| N426/N427 | 2.357  | L(>1000)       | 1.929  | L(>1000)       | 2.357  | L(>1000)       | 1.929  | L(>1000)       |
|           | 2.750  | 1.37           | 2.500  | 0.82           | 2.750  | 2.42           | 2.250  | 0.80           |
| N427/N373 | 2.750  | L(>1000)       | 2.750  | L(>1000)       | 2.750  | L(>1000)       | 2.250  | L(>1000)       |
|           | 1.714  | 0.26           | 1.714  | 0.52           | 1.714  | 0.51           | 1.714  | 1.04           |
| N427/N349 | 1.714  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.650  | 2.02           | 1.650  | 0.78           | 1.650  | 4.02           | 1.650  | 0.74           |
| N428/N425 | 1.650  | L(>1000)       | 1.650  | L(>1000)       | 1.650  | L(>1000)       | 1.650  | L(>1000)       |
|           | 1.250  | 1.36           | 1.500  | 0.79           | 1.250  | 2.40           | 1.750  | 0.74           |
| N428/N376 | 1.250  | L(>1000)       | 1.250  | L(>1000)       | 1.250  | L(>1000)       | 1.750  | L(>1000)       |
|           | 1.714  | 0.28           | 1.714  | 0.64           | 1.714  | 0.54           | 1.714  | 1.27           |
| N382/N429 | 1.714  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 0.857  | 0.10           | 1.500  | 1.77           | 0.857  | 0.14           | 1.500  | 1.87           |
| N429/N430 | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.286  | 0.06           | 1.286  | 1.45           | 1.286  | 0.11           | 1.286  | 0.98           |
| N429/N431 | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 3.750  | 0.20           | 2.500  | 3.51           | 3.750  | 0.27           | 2.500  | 2.48           |
| N383/N431 | 3.750  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 3.750  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 0.857  | 0.04           | 1.500  | 1.86           | 0.857  | 0.08           | 1.500  | 1.98           |
| N431/N432 | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.250  | 0.20           | 2.500  | 3.51           | 1.250  | 0.27           | 2.500  | 2.48           |
| N384/N432 | 1.250  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 1.250  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 0.857  | 0.10           | 1.500  | 1.77           | 0.857  | 0.14           | 1.500  | 1.87           |
| N432/N433 | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.250  | 0.23           | 2.500  | 3.74           | 1.250  | 0.44           | 2.500  | 2.65           |
| N385/N433 | 1.250  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 1.250  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 0.857  | 0.15           | 1.500  | 0.89           | 0.857  | 0.29           | 1.286  | 1.23           |
| N433/N434 | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       | 0.857  | L(>1000)       | 1.500  | L(>1000)       |
|           | 1.000  | 0.27           | 2.000  | 1.51           | 0.750  | 0.52           | 2.000  | 1.11           |
| N399/N434 | 1.000  | L(>1000)       | 2.000  | L(>1000)       | 1.000  | L(>1000)       | 2.000  | L(>1000)       |
|           | 1.688  | 0.49           | 1.313  | 0.11           | 1.688  | 0.95           | 1.500  | 0.17           |
| N386/N434 | 1.688  | L(>1000)       | 1.313  | L(>1000)       | 1.688  | L(>1000)       | 0.938  | L(>1000)       |
|           | 0.857  | 0.17           | 1.071  | 0.59           | 0.857  | 0.32           | 1.071  | 1.11           |
| N434/N435 | 0.857  | L(>1000)       | 1.071  | L(>1000)       | 0.857  | L(>1000)       | 1.071  | L(>1000)       |
|           | 2.750  | 0.16           | 2.000  | 1.71           | 2.750  | 0.20           | 2.000  | 1.22           |
| N387/N435 | 2.750  | L(>1000)       | 2.000  | L(>1000)       | 2.750  | L(>1000)       | 2.000  | L(>1000)       |
|           | 2.357  | 0.06           | 1.071  | 0.44           | 2.357  | 0.13           | 1.071  | 0.80           |
| N435/N357 | 2.357  | L(>1000)       | 1.071  | L(>1000)       | 2.357  | L(>1000)       | 1.071  | L(>1000)       |
|           | 0.643  | 0.17           | 1.714  | 0.75           | 0.643  | 0.27           | 1.714  | 0.84           |
| N436/N356 | 0.643  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       | 0.643  | L(>1000)       | 1.714  | L(>1000)       |
|           | 1.650  | 1.75           | 1.650  | 0.56           | 1.650  | 3.12           | 1.650  | 0.60           |
| N435/N436 | 1.650  | L(>1000)       | 1.875  | L(>1000)       | 1.650  | L(>1000)       | 1.875  | L(>1000)       |
|           | 1.286  | 0.20           | 1.286  | 0.14           | 1.286  | 0.40           | 1.286  | 0.23           |
| N437/N436 | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 2.750  | 1.09           | 1.000  | 0.63           | 2.750  | 1.77           | 1.000  | 0.43           |
| N434/N437 | 2.750  | L(>1000)       | 1.000  | L(>1000)       | 2.750  | L(>1000)       | 1.000  | L(>1000)       |
|           | 2.143  | 0.14           | 1.929  | 0.20           | 2.143  | 0.27           | 1.929  | 0.33           |
| N438/N437 | 2.143  | L(>1000)       | 1.929  | L(>1000)       | 2.143  | L(>1000)       | 1.929  | L(>1000)       |
|           | 2.750  | 0.36           | 2.750  | 0.43           | 2.750  | 0.69           | 2.750  | 0.29           |
| N433/N438 | 2.750  | L(>1000)       | 3.000  | L(>1000)       | 2.750  | L(>1000)       | 3.000  | L(>1000)       |
|           | 1.286  | 0.13           | 1.286  | 0.49           | 1.286  | 0.24           | 1.286  | 0.35           |
| N439/N438 | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 2.813  | 0.57           | 2.500  | 1.65           | 2.813  | 1.12           | 2.500  | 1.11           |
| N432/N439 | 2.813  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 2.813  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 1.286  | 0.06           | 1.286  | 1.45           | 1.286  | 0.10           | 1.286  | 0.98           |
| N440/N439 | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 1.875  | 0.23           | 2.500  | 0.74           | 1.875  | 0.35           | 2.500  | 0.53           |
| N431/N440 | 1.875  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 2.188  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 1.286  | 0.02           | 1.286  | 1.52           | 1.286  | 0.03           | 1.286  | 1.01           |
| N430/N440 | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 3.125  | 0.23           | 2.500  | 0.74           | 3.125  | 0.35           | 2.500  | 0.53           |
| N441/N429 | 3.125  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 2.813  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 3.750  | 0.23           | 2.500  | 3.74           | 3.750  | 0.44           | 2.500  | 2.65           |
| N442/N430 | 3.750  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 3.750  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 2.188  | 0.57           | 2.500  | 1.65           | 2.188  | 1.12           | 2.500  | 1.11           |
| N441/N442 | 2.188  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       | 2.188  | L(>1000)       | 2.500  | L(>1000)       |
|           | 1.286  | 0.13           | 1.286  | 0.49           | 1.286  | 0.25           | 1.286  | 0.35           |
| N443/N441 | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       | 1.286  | L(>1000)       |
|           | 3.000  | 0.27           | 2.000  | 1.51           | 3.250  | 0.52           | 2.000  | 1.11           |
| N401/N443 | 3.000  | L(>1000)       | 2.000  | L(>1000)       | 3.250  | L(>1000)       | 2.000  | L(>1000)       |
|           | 1.688  | 0.49           | 1.125  | 0.11           | 1.688  | 0.95           | 1.313  | 0.17           |
| N401/N443 | 1.688  | L(>1000)       | 1.125  | L(>1000)       | 1.688  | L(>1000)       | 0.938  | L(>1000)       |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N443/N444 | 2.143  | 0.14           | 1.929  | 0.20           | 2.143  | 0.27           | 1.929  | 0.33           |
|           | 2.143  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.929  | L/(>1000)      |
| N444/N442 | 1.250  | 0.36           | 1.250  | 0.43           | 1.250  | 0.70           | 1.250  | 0.29           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      | 1.250  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      |
| N380/N443 | 0.857  | 0.17           | 1.071  | 0.59           | 0.857  | 0.32           | 1.071  | 1.11           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N381/N441 | 0.857  | 0.15           | 1.500  | 0.89           | 0.857  | 0.29           | 1.286  | 1.23           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N379/N445 | 2.357  | 0.07           | 1.071  | 0.44           | 2.357  | 0.13           | 1.071  | 0.79           |
|           | 2.357  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N445/N443 | 1.250  | 0.16           | 2.000  | 1.71           | 1.250  | 0.20           | 2.000  | 1.22           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | 1.000  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      |
| N363/N445 | 2.357  | 0.17           | 1.286  | 0.75           | 2.357  | 0.28           | 1.286  | 0.84           |
|           | 2.357  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 2.357  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      |
| N445/N446 | 1.286  | 0.20           | 1.286  | 0.14           | 1.286  | 0.40           | 1.286  | 0.23           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N364/N446 | 1.350  | 1.75           | 1.350  | 0.56           | 1.350  | 3.12           | 1.350  | 0.60           |
|           | 1.350  | L/(>1000)      | 1.125  | L/(>1000)      | 1.350  | L/(>1000)      | 1.125  | L/(>1000)      |
| N446/N444 | 1.250  | 1.08           | 3.000  | 0.63           | 1.250  | 1.78           | 3.000  | 0.43           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.250  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N447/N435 | 1.688  | 0.40           | 1.500  | 0.14           | 1.688  | 0.67           | 1.688  | 0.19           |
|           | 1.688  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.688  | L/(>1000)      | 1.688  | L/(>1000)      |
| N448/N445 | 1.688  | 0.40           | 1.500  | 0.15           | 1.688  | 0.67           | 1.500  | 0.19           |
|           | 1.688  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.688  | L/(>1000)      | 1.688  | L/(>1000)      |
| N450/N449 | 2.295  | 0.31           | 1.148  | 1.59           | 2.295  | 0.48           | 1.148  | 2.74           |
|           | 2.295  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 2.295  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N451/N395 | 4.500  | 0.17           | 3.375  | 1.33           | 4.500  | 0.33           | 3.375  | 0.92           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N452/N451 | 0.574  | 0.21           | 1.148  | 1.61           | 0.765  | 0.41           | 1.148  | 2.78           |
|           | 0.574  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.574  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N453/N451 | 4.500  | 0.21           | 3.000  | 0.77           | 4.875  | 0.37           | 2.625  | 0.53           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N454/N453 | 0.765  | 0.24           | 1.148  | 1.63           | 0.765  | 0.44           | 1.148  | 2.74           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N397/N453 | 1.500  | 0.22           | 2.625  | 1.30           | 1.500  | 0.39           | 2.625  | 0.89           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N455/N397 | 2.250  | 0.47           | 3.375  | 1.21           | 2.250  | 0.73           | 3.375  | 0.89           |
|           | 1.875  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 1.875  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N456/N455 | 0.765  | 0.24           | 1.148  | 1.59           | 0.574  | 0.45           | 1.148  | 2.68           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N457/N455 | 1.500  | 0.58           | 2.625  | 1.73           | 1.500  | 0.73           | 2.250  | 1.59           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      |
| N457/N346 | 2.491  | 1.29           | 4.225  | 3.42           | 2.491  | 2.52           | 4.225  | 2.43           |
|           | 2.491  | L/(>1000)      | 4.225  | L/(>1000)      | 2.491  | L/(>1000)      | 4.225  | L/(>1000)      |
| N458/N457 | 1.148  | 0.38           | 0.956  | 0.28           | 0.956  | 0.69           | 0.765  | 0.51           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      |
| N399/N457 | 1.714  | 0.30           | 1.071  | 0.26           | 1.714  | 0.54           | 0.857  | 0.47           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      |
| N377/N447 | 1.500  | 0.09           | 1.100  | 0.37           | 1.100  | 0.16           | 0.900  | 0.51           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 1.100  | L/(>1000)      | 0.900  | L/(>1000)      | 0.900  | L/(>1000)      |
| N399/N447 | 2.750  | 0.20           | 1.750  | 0.91           | 2.750  | 0.31           | 1.750  | 0.69           |
|           | 3.000  | L/(>1000)      | 1.750  | L/(>1000)      | 2.750  | L/(>1000)      | 1.750  | L/(>1000)      |
| N413/N459 | 4.500  | 0.47           | 3.375  | 3.16           | 4.500  | 0.78           | 3.375  | 3.31           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N460/N459 | 1.721  | 0.96           | 0.956  | 0.44           | 1.913  | 1.36           | 0.956  | 0.81           |
|           | 1.721  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.721  | L/(>1000)      | 0.956  | L/(>1000)      |
| N362/N461 | 4.509  | 1.30           | 2.775  | 3.42           | 4.509  | 2.54           | 2.775  | 2.43           |
|           | 4.509  | L/(>1000)      | 2.775  | L/(>1000)      | 4.509  | L/(>1000)      | 2.775  | L/(>1000)      |
| N461/N412 | 1.500  | 0.61           | 2.625  | 2.12           | 1.500  | 0.77           | 2.625  | 1.89           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N401/N461 | 1.714  | 0.30           | 1.071  | 0.27           | 1.714  | 0.55           | 0.857  | 0.47           |
|           | 1.714  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      | 1.071  | L/(>1000)      |
| N448/N401 | 1.250  | 0.27           | 2.250  | 0.91           | 1.250  | 0.38           | 2.250  | 0.69           |
|           | 1.250  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      | 1.250  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      |
| N378/N448 | 1.500  | 0.27           | 1.100  | 0.37           | 1.300  | 0.33           | 0.900  | 0.51           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.100  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 0.900  | L/(>1000)      |
| N361/N448 | 1.071  | 0.12           | 1.500  | 0.68           | 2.143  | 0.21           | 1.286  | 0.53           |
|           | 2.143  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.143  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N462/N461 | 1.148  | 0.40           | 0.956  | 0.28           | 0.956  | 0.70           | 0.765  | 0.51           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      |
| N463/N352 | 0.900  | 0.03           | 0.675  | 1.44           | 0.900  | 0.06           | 0.900  | 1.69           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/938.9        | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/942.2        |
| N464/N463 | 1.191  | 0.29           | 2.382  | 8.68           | 1.191  | 0.53           | 2.085  | 4.64           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N464/N469 | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.7        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
|           | 1.125  | 0.07           | 3.000  | 1.56           | 4.500  | 0.12           | 3.000  | 1.03           |
|           | 1.125  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.125  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N469/N470 | 3.750  | 0.19           | 3.000  | 1.48           | 3.750  | 0.37           | 3.000  | 0.99           |
|           | 3.750  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N470/N471 | 1.500  | 0.53           | 3.375  | 2.24           | 4.500  | 0.83           | 3.375  | 1.59           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N465/N464 | 4.875  | 0.09           | 3.000  | 1.54           | 4.875  | 0.17           | 3.000  | 1.01           |
|           | 4.875  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.875  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N466/N465 | 1.500  | 0.11           | 3.000  | 1.62           | 1.500  | 0.20           | 3.000  | 1.07           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N467/N466 | 2.250  | 0.29           | 3.375  | 1.07           | 2.250  | 0.56           | 3.375  | 0.73           |
|           | 2.250  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N468/N467 | 4.875  | 0.58           | 2.625  | 1.78           | 1.500  | 0.93           | 2.625  | 1.28           |
|           | 1.125  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.125  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N472/N353 | 0.900  | 0.03           | 0.675  | 1.43           | 0.900  | 0.05           | 0.900  | 1.64           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/945.2        | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/945.5        |
| N465/N472 | 1.191  | 0.28           | 2.382  | 8.69           | 1.191  | 0.52           | 2.085  | 4.62           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.6        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N473/N354 | 0.900  | 0.04           | 0.675  | 1.42           | 0.900  | 0.06           | 0.900  | 1.66           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/947.9        | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/949.9        |
| N466/N473 | 1.191  | 0.32           | 2.382  | 8.69           | 1.191  | 0.57           | 2.085  | 4.64           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.5        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N474/N355 | 0.900  | 0.08           | 0.675  | 1.42           | 0.900  | 0.14           | 0.900  | 1.63           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/947.8        | 1.125  | L/(>1000)      | 0.675  | L/950.1        |
| N467/N474 | 1.191  | 0.36           | 2.382  | 8.67           | 1.191  | 0.67           | 2.085  | 4.59           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/549.7        | 1.489  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N468/N475 | 3.574  | 0.59           | 2.382  | 2.88           | 3.574  | 0.84           | 2.382  | 1.49           |
|           | 3.871  | L/(>1000)      | 2.382  | L/(>1000)      | 3.871  | L/(>1000)      | 2.382  | L/(>1000)      |
| N476/N351 | 0.900  | 0.03           | 0.675  | 1.43           | 0.900  | 0.07           | 0.900  | 1.64           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/944.9        | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/945.2        |
| N469/N476 | 1.191  | 0.31           | 2.382  | 8.69           | 1.191  | 0.56           | 2.085  | 4.63           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.4        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N477/N350 | 0.900  | 0.09           | 0.675  | 1.42           | 0.900  | 0.15           | 0.900  | 1.65           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/950.2        | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/953.6        |
| N470/N477 | 1.191  | 0.40           | 2.382  | 8.67           | 1.191  | 0.66           | 2.085  | 4.61           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/549.5        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N471/N478 | 3.276  | 0.77           | 2.085  | 3.66           | 3.574  | 1.14           | 2.085  | 2.15           |
|           | 3.276  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      | 3.276  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N116/N87  | 5.712  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.896  | 0.00           | 5.712  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N116/N147 | 6.120  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.896  | 0.00           | 6.120  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N176/N147 | 2.573  | 0.00           | 3.364  | 5.56           | 2.968  | 0.00           | 2.573  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.364  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N176/N207 | 2.573  | 0.00           | 3.364  | 5.56           | 2.573  | 0.00           | 2.573  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.364  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N236/N207 | 5.304  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.304  | 0.00           | 3.672  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N236/N267 | 3.672  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.488  | 0.00           | 6.120  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N266/N237 | 5.712  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.712  | 0.00           | 4.080  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N206/N237 | 0.816  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 0.816  | 0.00           | 4.896  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N206/N177 | 3.955  | 0.00           | 3.164  | 5.56           | 3.955  | 0.00           | 3.955  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.164  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N146/N177 | 3.559  | 0.00           | 3.164  | 5.56           | 3.559  | 0.00           | 3.955  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.164  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N146/N117 | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 6.120  | 0.00           | 3.264  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N86/N117  | 6.120  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 2.448  | 0.00           | 5.304  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N86/N57   | 2.856  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.304  | 0.00           | 6.120  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N56/N87   | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 6.120  | 0.00           | 5.304  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N56/N27   | 1.729  | 0.00           | 1.976  | 0.62           | 1.976  | 0.00           | 2.470  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N26/N57   | 2.716  | 0.00           | 1.976  | 0.62           | 2.716  | 0.00           | 1.729  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N240/N271 | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 6.350  | 0.00           | 6.350  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N270/N241 | 5.080  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.927  | 0.00           | 5.503  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N210/N241 | 4.233  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.080  | 0.00           | 2.540  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N210/N181 | 3.697  | 0.00           | 3.287  | 5.74           | 3.697  | 0.00           | 3.697  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.287  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N150/N181 | 3.697  | 0.00           | 3.287  | 5.74           | 3.697  | 0.00           | 4.108  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.287  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N150/N121 | 4.657  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 4.657  | 0.00           | 4.657  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N90/N121  | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.503  | 0.00           | 4.657  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N90/N61   | 6.350  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 4.657  | 0.00           | 3.387  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N30/N61   | 4.073  | 0.00           | 2.172  | 0.76           | 2.716  | 0.00           | 3.802  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N60/N31   | 1.629  | 0.00           | 2.172  | 0.76           | 1.358  | 0.00           | 3.259  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N60/N91   | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N120/N91  | 6.350  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 2.540  | 0.00           | 5.080  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N120/N151 | 3.810  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.503  | 0.00           | 4.657  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N180/N151 | 2.665  | 0.00           | 3.487  | 5.74           | 2.665  | 0.00           | 2.665  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.487  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N180/N211 | 3.076  | 0.00           | 3.487  | 5.74           | 2.665  | 0.00           | 2.665  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.487  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N240/N211 | 4.657  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 4.657  | 0.00           | 0.847  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N223/N194 | 5.712  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.712  | 0.00           | 6.120  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N163/N194 | 2.573  | 0.00           | 3.364  | 5.56           | 2.573  | 0.00           | 2.968  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.364  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N163/N134 | 2.573  | 0.00           | 3.364  | 5.56           | 2.573  | 0.00           | 2.573  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.364  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N103/N134 | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N103/N74  | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N43/N74   | 4.896  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.896  | 0.00           | 6.120  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N43/N14   | 3.210  | 0.00           | 1.976  | 0.62           | 3.210  | 0.00           | 2.716  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N13/N44   | 2.223  | 0.00           | 1.976  | 0.62           | 3.210  | 0.00           | 3.704  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N73/N44   | 2.856  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 2.856  | 0.00           | 4.080  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N73/N104  | 5.712  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.712  | 0.00           | 2.040  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N133/N104 | 5.712  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 4.488  | 0.00           | 4.896  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N133/N164 | 3.955  | 0.00           | 3.164  | 5.56           | 3.955  | 0.00           | 3.955  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.164  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N193/N164 | 3.559  | 0.00           | 3.164  | 5.56           | 3.559  | 0.00           | 3.955  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.164  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N193/N224 | 5.304  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.304  | 0.00           | 4.896  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N253/N224 | 3.672  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.304  | 0.00           | 4.896  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N223/N254 | 1.224  | 0.00           | 3.264  | 5.57           | 5.712  | 0.00           | 0.816  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.264  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N227/N198 | 2.963  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 3.387  | 0.00           | 5.927  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N167/N198 | 3.076  | 0.00           | 3.487  | 5.74           | 3.076  | 0.00           | 2.665  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.487  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N167/N138 | 2.665  | 0.00           | 3.487  | 5.74           | 2.665  | 0.00           | 2.665  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.487  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N107/N138 | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 1.693  | 0.00           | 3.387  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N107/N78  | 6.350  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.927  | 0.00           | 5.927  | 0.00           |
| -         | L/(>1000)  | -              | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N47/N78   | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.927  | 0.00           | 5.927  | 0.00           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N77/N108  | 1.693  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 6.350  | 0.00           | 5.080  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N137/N108 | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 6.350  | 0.00           | 5.503  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N137/N168 | 4.108  | 0.00           | 3.287  | 5.74           | 4.108  | 0.00           | 4.108  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.287  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N197/N168 | 3.697  | 0.00           | 3.287  | 5.74           | 3.697  | 0.00           | 4.108  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.287  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N197/N228 | 5.503  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.927  | 0.00           | 5.927  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N257/N228 | 6.350  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.927  | 0.00           | 2.117  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N227/N258 | 3.810  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 5.080  | 0.00           | 1.693  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N231/N202 | 6.175  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 3.528  | 0.00           | 0.882  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N171/N202 | 3.200  | 0.00           | 3.628  | 5.88           | 3.200  | 0.00           | 2.771  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.628  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N171/N142 | 3.200  | 0.00           | 3.628  | 5.88           | 3.200  | 0.00           | 2.771  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.628  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N111/N142 | 3.969  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.616  | 0.00           | 6.175  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N111/N82  | 4.851  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 3.087  | 0.00           | 4.851  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N51/N82   | 5.734  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.734  | 0.00           | 3.969  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N81/N112  | 6.175  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.175  | 0.00           | 4.851  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N141/N112 | 4.851  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.175  | 0.00           | 6.616  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N141/N172 | 3.857  | 0.00           | 3.428  | 5.88           | 3.857  | 0.00           | 3.857  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.428  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N201/N172 | 3.857  | 0.00           | 3.428  | 5.88           | 3.857  | 0.00           | 4.285  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.428  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N201/N232 | 6.175  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.175  | 0.00           | 2.646  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N261/N232 | 5.292  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.292  | 0.00           | 4.851  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N231/N262 | 5.734  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.292  | 0.00           | 0.882  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N244/N215 | 6.175  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 4.410  | 0.00           | 3.969  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N184/N215 | 3.200  | 0.00           | 3.628  | 5.88           | 3.200  | 0.00           | 3.200  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.628  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N184/N155 | 3.200  | 0.00           | 3.628  | 5.88           | 3.200  | 0.00           | 3.200  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.628  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N124/N155 | 6.175  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.616  | 0.00           | 5.734  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N124/N95  | 5.292  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.292  | 0.00           | 0.882  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N64/N95   | 5.292  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.292  | 0.00           | 6.616  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N94/N125  | 5.292  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.292  | 0.00           | 5.292  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N154/N125 | 6.175  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.175  | 0.00           | 1.764  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N154/N185 | 3.857  | 0.00           | 3.428  | 5.88           | 3.857  | 0.00           | 3.857  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.428  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N214/N185 | 4.285  | 0.00           | 3.428  | 5.88           | 4.285  | 0.00           | 4.285  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.428  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N214/N245 | 5.292  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 6.175  | 0.00           | 5.734  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N274/N245 | 4.851  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.734  | 0.00           | 3.969  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N244/N275 | 3.087  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 3.087  | 0.00           | 3.969  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N266/N479 | 2.223  | 0.00           | 1.976  | 1.10           | 3.704  | 0.00           | 3.704  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N270/N480 | 3.530  | 0.00           | 2.172  | 1.47           | 3.530  | 0.00           | 3.802  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N274/N481 | 2.984  | 0.00           | 2.387  | 1.95           | 2.984  | 0.00           | 3.581  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N261/N482 | 4.178  | 0.00           | 2.387  | 1.95           | 4.178  | 0.00           | 1.492  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N257/N483 | 4.073  | 0.00           | 2.172  | 1.47           | 4.073  | 0.00           | 3.802  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N253/N484 | 2.716  | 0.00           | 1.976  | 1.10           | 1.976  | 0.00           | 1.482  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N26/N485  | 3.457  | 0.00           | 1.976  | 1.10           | 3.457  | 0.00           | 3.457  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N30/N486  | 2.987  | 0.00           | 2.172  | 1.47           | 4.073  | 0.00           | 4.073  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N94/N65   | 3.087  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 3.087  | 0.00           | 1.764  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N34/N65   | 2.984  | 0.00           | 2.387  | 0.91           | 3.581  | 0.00           | 3.581  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N64/N35   | 1.492  | 0.00           | 2.387  | 0.91           | 4.178  | 0.00           | 3.879  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N34/N487  | 2.686  | 0.00           | 2.387  | 1.95           | 3.879  | 0.00           | 3.282  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N81/N52   | 3.087  | 0.00           | 3.528  | 5.89           | 5.734  | 0.00           | 3.969  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.528  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N21/N52   | 4.476  | 0.00           | 2.387  | 0.91           | 4.476  | 0.00           | 4.178  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N51/N22   | 0.895  | 0.00           | 2.387  | 0.91           | 3.581  | 0.00           | 2.984  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N21/N488  | 3.581  | 0.00           | 2.387  | 1.95           | 3.581  | 0.00           | 4.476  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N77/N48   | 2.540  | 0.00           | 3.387  | 5.75           | 2.540  | 0.00           | 1.693  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 3.387  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N17/N48   | 2.987  | 0.00           | 2.172  | 0.76           | 4.073  | 0.00           | 4.073  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N47/N18   | 0.272  | 0.00           | 2.172  | 0.76           | 3.259  | 0.00           | 3.530  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N17/N489  | 2.716  | 0.00           | 2.172  | 1.47           | 2.172  | 0.00           | 4.073  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.172  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N13/N490  | 3.210  | 0.00           | 1.976  | 1.10           | 3.704  | 0.00           | 3.704  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.976  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N475/N474 | 1.500  | 0.78           | 2.625  | 2.20           | 4.125  | 1.16           | 2.625  | 1.59           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N474/N473 | 1.875  | 0.28           | 3.000  | 1.38           | 1.500  | 0.41           | 3.375  | 0.92           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N473/N472 | 4.500  | 0.15           | 3.000  | 1.47           | 4.500  | 0.26           | 3.000  | 0.97           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N472/N463 | 1.125  | 0.09           | 3.000  | 1.45           | 1.125  | 0.17           | 3.000  | 0.95           |
|           | 1.125  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N463/N476 | 1.500  | 0.18           | 3.000  | 1.47           | 1.500  | 0.31           | 3.375  | 0.97           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N476/N477 | 3.375  | 0.25           | 3.000  | 1.38           | 4.500  | 0.45           | 2.625  | 0.92           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N477/N478 | 4.500  | 0.78           | 3.375  | 2.24           | 2.250  | 1.47           | 3.375  | 1.60           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N312/N316 | 2.571  | 0.00           | 1.500  | 0.23           | 2.786  | 0.00           | 2.571  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N365/N500 | 0.450  | 0.08           | 0.675  | 1.43           | 0.450  | 0.14           | 0.450  | 1.63           |
|           | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/945.8        | 0.225  | L/(>1000)      | 0.675  | L/948.9        |
| N366/N501 | 0.450  | 0.03           | 0.675  | 1.43           | 0.450  | 0.06           | 0.450  | 1.66           |
|           | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/946.0        | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/946.7        |
| N367/N502 | 0.450  | 0.03           | 0.675  | 1.43           | 0.450  | 0.05           | 0.450  | 1.64           |
|           | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/943.2        | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/943.7        |
| N368/N503 | 0.450  | 0.03           | 0.675  | 1.44           | 0.450  | 0.06           | 0.450  | 1.69           |
|           | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/937.0        | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/938.9        |
| N369/N504 | 0.450  | 0.03           | 0.675  | 1.43           | 0.450  | 0.07           | 0.450  | 1.64           |
|           | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/943.0        | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/944.2        |
| N370/N505 | 0.450  | 0.09           | 0.675  | 1.42           | 0.450  | 0.15           | 0.450  | 1.65           |
|           | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/948.2        | 0.450  | L/(>1000)      | 0.675  | L/952.7        |
| N491/N506 | 3.276  | 0.77           | 2.085  | 3.66           | 3.574  | 1.13           | 2.085  | 2.15           |
|           | 3.276  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      | 3.276  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N492/N505 | 1.191  | 0.40           | 2.382  | 8.68           | 1.191  | 0.66           | 2.085  | 4.63           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.9        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N505/N506 | 4.500  | 0.78           | 3.375  | 2.23           | 2.250  | 1.47           | 3.375  | 1.60           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N492/N491 | 1.500  | 0.53           | 3.375  | 2.24           | 4.500  | 0.82           | 3.375  | 1.59           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N493/N492 | 3.750  | 0.19           | 3.000  | 1.48           | 3.750  | 0.37           | 3.000  | 0.99           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | 3.750  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 3.750  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N494/N493 | 1.125  | 0.07           | 3.000  | 1.56           | 4.500  | 0.13           | 3.000  | 1.03           |
|           | 1.125  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N495/N494 | 4.875  | 0.09           | 3.000  | 1.54           | 4.875  | 0.17           | 3.000  | 1.02           |
|           | 4.875  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.875  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N496/N495 | 1.500  | 0.11           | 3.000  | 1.56           | 1.500  | 0.20           | 3.000  | 1.03           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N497/N496 | 2.250  | 0.25           | 3.000  | 1.47           | 2.250  | 0.49           | 3.375  | 0.98           |
|           | 2.250  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 2.250  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N499/N500 | 1.500  | 0.78           | 2.625  | 2.20           | 4.125  | 1.16           | 2.625  | 1.58           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N500/N501 | 1.875  | 0.28           | 3.000  | 1.37           | 1.500  | 0.41           | 3.375  | 0.92           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N501/N502 | 4.500  | 0.15           | 3.000  | 1.46           | 4.500  | 0.26           | 3.000  | 0.96           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N502/N503 | 1.125  | 0.09           | 3.000  | 1.44           | 1.125  | 0.17           | 3.000  | 0.94           |
|           | 1.125  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N503/N504 | 1.500  | 0.18           | 3.000  | 1.46           | 1.500  | 0.31           | 3.375  | 0.96           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N504/N505 | 3.375  | 0.25           | 3.000  | 1.36           | 4.500  | 0.45           | 2.625  | 0.91           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N493/N504 | 1.191  | 0.31           | 2.382  | 8.70           | 1.191  | 0.56           | 2.085  | 4.64           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/547.9        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N494/N503 | 1.191  | 0.29           | 2.382  | 8.69           | 1.191  | 0.53           | 2.085  | 4.65           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.1        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N495/N502 | 1.191  | 0.28           | 2.382  | 8.69           | 1.191  | 0.52           | 2.085  | 4.64           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.0        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N496/N501 | 1.191  | 0.30           | 2.382  | 8.69           | 1.191  | 0.56           | 2.085  | 4.66           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/548.0        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N497/N500 | 1.191  | 0.35           | 2.382  | 8.68           | 1.191  | 0.65           | 2.085  | 4.61           |
|           | 1.191  | L/(>1000)      | 2.382  | L/549.1        | 1.191  | L/(>1000)      | 2.085  | L/(>1000)      |
| N498/N499 | 3.574  | 0.58           | 2.382  | 2.88           | 3.574  | 0.83           | 2.382  | 1.49           |
|           | 0.893  | L/(>1000)      | 2.382  | L/(>1000)      | 0.893  | L/(>1000)      | 2.382  | L/(>1000)      |
| N498/N497 | 1.500  | 0.61           | 2.625  | 2.22           | 1.500  | 1.00           | 2.625  | 1.59           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 2.625  | L/(>1000)      |
| N453/N465 | 1.088  | 0.10           | 0.725  | 1.03           | 1.088  | 0.18           | 0.544  | 1.23           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N395/N469 | 1.088  | 0.09           | 0.725  | 1.03           | 1.088  | 0.17           | 0.544  | 1.24           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N397/N466 | 1.088  | 0.11           | 0.725  | 1.04           | 1.088  | 0.19           | 0.544  | 1.25           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N449/N470 | 1.088  | 0.09           | 0.725  | 1.04           | 1.088  | 0.17           | 0.544  | 1.23           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N451/N464 | 1.088  | 0.09           | 0.725  | 1.04           | 1.088  | 0.17           | 0.544  | 1.25           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N455/N467 | 1.088  | 0.11           | 0.725  | 1.02           | 1.088  | 0.19           | 0.544  | 1.21           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N395/N449 | 3.750  | 0.39           | 3.000  | 1.25           | 3.750  | 0.56           | 3.000  | 1.08           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.000  | L/(>1000)      |
| N449/N393 | 4.500  | 0.45           | 3.375  | 2.67           | 1.500  | 0.82           | 3.750  | 2.91           |
|           | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      | 4.500  | L/(>1000)      | 3.375  | L/(>1000)      |
| N493/N408 | 0.363  | 0.09           | 0.725  | 1.03           | 0.363  | 0.17           | 0.906  | 1.24           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N494/N409 | 0.363  | 0.10           | 0.725  | 1.04           | 0.363  | 0.18           | 0.906  | 1.25           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N495/N410 | 0.363  | 0.10           | 0.725  | 1.03           | 0.363  | 0.19           | 0.906  | 1.23           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N496/N411 | 0.363  | 0.10           | 0.725  | 1.04           | 0.363  | 0.19           | 0.906  | 1.25           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N497/N412 | 0.363  | 0.10           | 0.725  | 1.02           | 0.363  | 0.20           | 0.906  | 1.21           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N492/N413 | 0.363  | 0.09           | 0.725  | 1.04           | 0.363  | 0.18           | 0.906  | 1.23           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.725  | L/(>1000)      |
| N491/N459 | 0.363  | 0.16           | 0.363  | 0.37           | 0.363  | 0.27           | 0.906  | 0.30           |
|           | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      | 0.363  | L/(>1000)      |
| N276/N371 | 4.574  | 0.00           | 4.193  | 0.00           | 4.574  | 0.00           | 5.718  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N246/N372 | 4.574  | 0.00           | 3.812  | 0.00           | 4.574  | 0.00           | 5.718  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N393/N471 | 1.088  | 0.16           | 1.088  | 0.37           | 0.906  | 0.27           | 0.544  | 0.30           |
|           | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      | 1.088  | L/(>1000)      |
| N278/N349 | 4.574  | 0.00           | 5.718  | 0.00           | 2.668  | 0.00           | 5.718  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N248/N345 | 2.668  | 0.00           | 5.337  | 0.00           | 2.668  | 0.00           | 5.337  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N459/N425 | 1.500  | 0.73           | 1.313  | 0.85           | 1.688  | 1.08           | 1.313  | 0.99           |
|           | 1.500  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      |
| N393/N426 | 1.688  | 0.71           | 1.313  | 0.85           | 1.688  | 1.07           | 1.313  | 0.99           |
|           | 1.688  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      | 1.688  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      |
| N406/N441 | 3.983  | 2.39           | 2.323  | 0.43           | 3.983  | 3.04           | 1.659  | 0.61           |
|           | 3.983  | L/(>1000)      | 3.983  | L/(>1000)      | 3.983  | L/(>1000)      | 4.314  | L/(>1000)      |
| N405/N429 | 3.983  | 3.62           | 1.328  | 0.26           | 3.983  | 4.26           | 1.328  | 0.51           |
|           | 3.983  | L/(>1000)      | 1.328  | L/(>1000)      | 3.651  | L/(>1000)      | 1.328  | L/(>1000)      |
| N404/N431 | 3.983  | 3.78           | 1.328  | 0.25           | 3.983  | 4.46           | 1.328  | 0.50           |
|           | 3.983  | L/977.9        | 1.328  | L/(>1000)      | 3.651  | L/(>1000)      | 1.328  | L/(>1000)      |
| N403/N432 | 3.983  | 3.62           | 1.328  | 0.26           | 3.983  | 4.26           | 1.328  | 0.51           |
|           | 3.983  | L/(>1000)      | 1.328  | L/(>1000)      | 3.651  | L/(>1000)      | 1.328  | L/(>1000)      |
| N402/N433 | 3.983  | 2.39           | 2.323  | 0.43           | 3.983  | 3.04           | 1.659  | 0.61           |
|           | 3.983  | L/(>1000)      | 3.983  | L/(>1000)      | 3.983  | L/(>1000)      | 3.983  | L/(>1000)      |
| N461/N444 | 0.563  | 0.45           | 1.313  | 0.62           | 0.563  | 0.74           | 1.313  | 0.54           |
|           | 0.563  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      | 0.563  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      |
| N457/N437 | 0.563  | 0.43           | 1.313  | 0.63           | 0.563  | 0.73           | 1.313  | 0.54           |
|           | 0.563  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      | 0.563  | L/(>1000)      | 1.313  | L/(>1000)      |
| N507/N290 | 0.000  | 0.00           | 2.000  | 0.15           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N373/N507 | 3.146  | 0.00           | 6.292  | 0.00           | 6.741  | 0.00           | 4.494  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N374/N290 | 6.292  | 0.00           | 5.843  | 0.00           | 6.292  | 0.00           | 5.843  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N281/N374 | 4.571  | 0.00           | 3.740  | 0.00           | 5.817  | 0.00           | 6.233  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N282/N373 | 4.986  | 0.00           | 5.402  | 0.00           | 4.986  | 0.00           | 5.402  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N297/N508 | 0.000  | 0.00           | 2.000  | 0.15           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N375/N297 | 6.292  | 0.00           | 4.045  | 0.00           | 6.292  | 0.00           | 4.045  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N376/N508 | 5.393  | 0.00           | 5.393  | 0.00           | 4.494  | 0.00           | 5.393  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N288/N376 | 5.402  | 0.00           | 5.817  | 0.00           | 5.402  | 0.00           | 5.817  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N289/N375 | 3.740  | 0.00           | 3.740  | 0.00           | 3.740  | 0.00           | 5.817  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N307/N509 | 0.000  | 0.00           | 2.000  | 0.15           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N510/N314 | 0.000  | 0.00           | 2.000  | 0.15           | 0.000  | 0.00           | 0.000  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 2.000  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N379/N509 | 5.393  | 0.00           | 4.944  | 0.00           | 6.741  | 0.00           | 5.843  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N380/N307 | 4.494  | 0.00           | 5.393  | 0.00           | 4.494  | 0.00           | 5.393  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N306/N380 | 4.986  | 0.00           | 5.817  | 0.00           | 4.986  | 0.00           | 5.817  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N305/N379 | 5.817  | 0.00           | 5.402  | 0.00           | 5.817  | 0.00           | 5.817  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N386/N314 | 6.292  | 0.00           | 4.494  | 0.00           | 4.944  | 0.00           | 4.494  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N387/N510 | 5.843  | 0.00           | 5.843  | 0.00           | 5.843  | 0.00           | 5.843  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N299/N387 | 5.817  | 0.00           | 5.817  | 0.00           | 2.909  | 0.00           | 5.817  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N298/N386 | 6.233  | 0.00           | 3.740  | 0.00           | 6.233  | 0.00           | 3.740  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N511/N447 | 1.148  | 0.43           | 1.148  | 0.17           | 1.148  | 0.82           | 1.148  | 0.33           |
|           | 1.148  | L/(>1000)      | 0.956  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.956  | L/(>1000)      |
| N447/N347 | 0.857  | 0.11           | 1.500  | 0.68           | 0.857  | 0.16           | 1.714  | 0.53           |
|           | 0.857  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 0.857  | L/(>1000)      | 1.714  | L/(>1000)      |
| N512/N448 | 1.148  | 0.43           | 1.148  | 0.17           | 1.148  | 0.82           | 1.148  | 0.34           |
|           | 1.148  | L/(>1000)      | 0.956  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      | 0.956  | L/(>1000)      |
| N513/N466 | 0.765  | 0.13           | 1.339  | 2.07           | 0.765  | 0.25           | 0.956  | 2.16           |
|           | 0.574  | L/(>1000)      | 2.104  | L/(>1000)      | 0.765  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N514/N468 | 1.721  | 0.37           | 2.295  | 0.55           | 1.148  | 0.39           | 0.765  | 0.50           |
|           | 2.295  | L/(>1000)      | 2.295  | L/(>1000)      | 2.295  | L/(>1000)      | 2.295  | L/(>1000)      |
| N515/N467 | 0.765  | 0.15           | 1.339  | 2.05           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.09           |
|           | 0.765  | L/(>1000)      | 2.104  | L/(>1000)      | 2.295  | L/(>1000)      | 1.148  | L/(>1000)      |
| N516/N465 | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.07           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.13           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N517/N464 | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
|           | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.06           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.16           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N518/N469 | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.07           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.13           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N519/N470 | 2.486  | 0.13           | 1.339  | 2.05           | 0.765  | 0.24           | 0.956  | 2.13           |
|           | 2.486  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.574  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N520/N471 | 1.721  | 0.45           | 1.530  | 0.86           | 1.148  | 0.43           | 0.956  | 0.87           |
|           | 2.104  | L(>1000)       | 2.295  | L(>1000)       | 1.339  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N521/N474 | 1.328  | 0.41           | 3.651  | 3.54           | 1.328  | 0.72           | 3.983  | 2.33           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N522/N475 | 3.983  | 0.89           | 3.651  | 0.84           | 1.659  | 0.91           | 3.983  | 0.80           |
|           | 3.983  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N523/N473 | 1.328  | 0.38           | 3.651  | 3.55           | 1.328  | 0.70           | 3.983  | 2.37           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N524/N472 | 1.328  | 0.39           | 3.651  | 3.55           | 1.328  | 0.70           | 3.983  | 2.36           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N525/N463 | 1.328  | 0.39           | 3.651  | 3.55           | 1.328  | 0.70           | 3.983  | 2.37           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N526/N476 | 1.328  | 0.40           | 3.651  | 3.55           | 1.328  | 0.71           | 3.983  | 2.36           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N527/N477 | 4.314  | 0.39           | 3.651  | 3.54           | 0.996  | 0.68           | 3.983  | 2.35           |
|           | 4.314  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 4.314  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N528/N478 | 2.323  | 0.86           | 3.651  | 1.05           | 1.659  | 0.99           | 3.983  | 1.03           |
|           | 3.983  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N529/N506 | 2.323  | 0.86           | 3.651  | 1.05           | 1.659  | 0.99           | 3.983  | 1.03           |
|           | 3.983  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N530/N505 | 4.314  | 0.39           | 3.651  | 3.55           | 0.996  | 0.67           | 3.983  | 2.36           |
|           | 4.314  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 4.314  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N531/N504 | 1.328  | 0.40           | 3.651  | 3.57           | 1.328  | 0.71           | 3.983  | 2.38           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N532/N503 | 1.328  | 0.39           | 3.651  | 3.56           | 1.328  | 0.70           | 3.983  | 2.39           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N533/N502 | 1.328  | 0.38           | 3.651  | 3.56           | 1.328  | 0.70           | 3.983  | 2.37           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N534/N501 | 1.328  | 0.38           | 3.651  | 3.56           | 1.328  | 0.70           | 3.983  | 2.39           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N535/N500 | 1.328  | 0.41           | 3.651  | 3.55           | 1.328  | 0.71           | 3.983  | 2.35           |
|           | 1.328  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 1.328  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N536/N499 | 3.983  | 0.89           | 3.651  | 0.84           | 1.659  | 0.91           | 3.983  | 0.80           |
|           | 3.983  | L(>1000)       | 3.651  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       | 3.983  | L(>1000)       |
| N537/N491 | 1.721  | 0.45           | 1.530  | 0.86           | 1.148  | 0.43           | 0.956  | 0.87           |
|           | 2.104  | L(>1000)       | 2.295  | L(>1000)       | 1.339  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N538/N492 | 2.486  | 0.13           | 1.339  | 2.06           | 0.765  | 0.24           | 0.956  | 2.13           |
|           | 2.486  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.574  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N539/N493 | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.07           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.14           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N540/N494 | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.06           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.16           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N541/N495 | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.07           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.13           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N542/N496 | 0.765  | 0.14           | 1.339  | 2.07           | 0.765  | 0.26           | 0.956  | 2.16           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N543/N497 | 0.765  | 0.16           | 1.339  | 2.05           | 0.765  | 0.27           | 0.956  | 2.09           |
|           | 0.765  | L(>1000)       | 2.104  | L(>1000)       | 0.765  | L(>1000)       | 1.148  | L(>1000)       |
| N544/N498 | 1.721  | 0.43           | 2.295  | 0.55           | 1.148  | 0.42           | 0.765  | 0.50           |
|           | 2.295  | L(>1000)       | 2.295  | L(>1000)       | 2.295  | L(>1000)       | 2.295  | L(>1000)       |
| N545/N546 | 0.140  | 0.00           | 0.140  | 0.01           | 0.140  | 0.00           | 0.140  | 0.01           |
|           | -  | L(>1000)       | 0.140  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | 0.140  | L(>1000)       |
| N547/N546 | 1.204  | 0.00           | 1.004  | 4.16           | 1.204  | 0.00           | 1.004  | 4.02           |
|           | -  | L(>1000)       | 1.004  | L/578.4        | -  | L(>1000)       | 1.004  | L/599.4        |
| N547/N548 | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 1.01           | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 0.98           |
|           | -  | L(>1000)       | 0.500  | L/987.0        | -  | L(>1000)       | 0.500  | L(>1000)       |
| N549/N548 | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.92           | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.78           |
|           | -  | L(>1000)       | 1.573  | L/559.0        | -  | L(>1000)       | 1.573  | L/576.0        |
| N555/N549 | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           |
|           | -  | L(>1000)       | 0.100  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | 0.100  | L(>1000)       |
| N550/N551 | 0.140  | 0.00           | 0.140  | 0.01           | 0.140  | 0.00           | 0.140  | 0.01           |
|           | -  | L(>1000)       | 0.140  | L(>1000)       | -  | L(>1000)       | 0.140  | L(>1000)       |
| N552/N551 | 1.204  | 0.00           | 1.004  | 4.17           | 1.204  | 0.00           | 1.004  | 4.02           |
|           | -  | L(>1000)       | 1.004  | L/578.3        | -  | L(>1000)       | 1.004  | L/599.1        |
| N552/N553 | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 1.01           | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 0.98           |
|           | -  | L(>1000)       | 0.500  | L/986.6        | -  | L(>1000)       | 0.500  | L(>1000)       |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N554/N553 | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.93           | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.80           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.573  | L/558.3        | -  | L/(>1000)      | 1.573  | L/573.6        |
| N556/N554 | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 0.100  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.100  | L/(>1000)      |
| N559/N558 | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 0.91           | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 0.88           |
|           | -  | L/(>1000)      | 0.500  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.500  | L/(>1000)      |
| N561/N560 | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 0.100  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.100  | L/(>1000)      |
| N560/N559 | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.66           | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.52           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.573  | L/590.1        | -  | L/(>1000)      | 1.573  | L/608.6        |
| N558/N557 | 1.004  | 0.00           | 1.004  | 3.28           | 1.004  | 0.00           | 1.004  | 3.18           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.004  | L/734.0        | -  | L/(>1000)      | 1.004  | L/757.3        |
| N566/N565 | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           | 0.100  | 0.00           |
|           | -  | L/(>1000)      | 0.100  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.100  | L/(>1000)      |
| N565/N564 | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.67           | 1.573  | 0.00           | 1.573  | 4.54           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.573  | L/589.5        | -  | L/(>1000)      | 1.573  | L/606.3        |
| N564/N563 | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 0.91           | 0.500  | 0.00           | 0.500  | 0.88           |
|           | -  | L/(>1000)      | 0.500  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.500  | L/(>1000)      |
| N563/N562 | 1.004  | 0.00           | 1.004  | 3.29           | 1.004  | 0.00           | 1.004  | 3.19           |
|           | -  | L/(>1000)      | 1.004  | L/732.2        | -  | L/(>1000)      | 1.004  | L/754.4        |
| N567/N557 | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           |
|           | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N568/N550 | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           |
|           | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N569/N545 | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           |
|           | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N570/N562 | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           | 0.070  | 0.00           |
|           | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      | 0.070  | L/(>1000)      | -  | L/(>1000)      |
| N506/N428 | 0.619  | 0.28           | 1.031  | 0.19           | 0.412  | 0.53           | 1.031  | 0.14           |
|           | 0.412  | L/(>1000)      | 1.031  | L/(>1000)      | 0.412  | L/(>1000)      | 1.031  | L/(>1000)      |
| N371/N506 | 0.900  | 0.22           | 0.675  | 0.26           | 0.900  | 0.44           | 0.675  | 0.28           |
|           | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/(>1000)      | 0.900  | L/(>1000)      | 0.675  | L/(>1000)      |
| N235/N237 | 1.507  | 0.07           | 1.507  | 0.74           | 1.507  | 0.12           | 1.507  | 1.27           |
|           | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N237/N239 | 1.695  | 0.10           | 1.507  | 0.97           | 1.507  | 0.19           | 1.507  | 1.70           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N239/N241 | 1.507  | 0.26           | 1.507  | 0.96           | 1.507  | 0.43           | 1.507  | 1.69           |
|           | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N241/N243 | 1.507  | 0.26           | 1.507  | 0.95           | 1.507  | 0.42           | 1.507  | 1.66           |
|           | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N243/N245 | 1.318  | 0.09           | 1.507  | 0.95           | 1.318  | 0.16           | 1.507  | 1.73           |
|           | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N245/N220 | 1.318  | 0.03           | 1.507  | 1.12           | 1.318  | 0.07           | 1.507  | 1.62           |
|           | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N265/N267 | 2.072  | 0.42           | 1.318  | 0.60           | 2.072  | 0.64           | 1.507  | 1.07           |
|           | 2.072  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 2.072  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N267/N326 | 0.335  | 0.06           | 0.670  | 0.02           | 0.335  | 0.08           | 0.670  | 0.04           |
|           | 0.335  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      | 0.335  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      |
| N326/N269 | 1.005  | 0.34           | 0.804  | 0.30           | 1.005  | 0.49           | 0.804  | 0.56           |
|           | 1.005  | L/(>1000)      | 0.804  | L/(>1000)      | 1.005  | L/(>1000)      | 0.804  | L/(>1000)      |
| N269/N325 | 1.005  | 0.36           | 1.205  | 0.30           | 1.005  | 0.54           | 1.205  | 0.56           |
|           | 1.005  | L/(>1000)      | 1.205  | L/(>1000)      | 1.005  | L/(>1000)      | 1.205  | L/(>1000)      |
| N325/N271 | 0.670  | 0.08           | 0.335  | 0.02           | 0.670  | 0.12           | 0.335  | 0.03           |
|           | 0.670  | L/(>1000)      | 0.335  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      | 0.335  | L/(>1000)      |
| N271/N273 | 0.942  | 0.58           | 1.507  | 0.67           | 0.942  | 0.90           | 1.507  | 1.27           |
|           | 0.942  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 0.942  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N273/N324 | 0.502  | 0.18           | 0.670  | 0.02           | 0.502  | 0.33           | 0.670  | 0.03           |
|           | 0.502  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      | 0.502  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      |
| N324/N275 | 0.603  | 0.19           | 0.804  | 0.30           | 0.603  | 0.31           | 0.804  | 0.59           |
|           | 0.402  | L/(>1000)      | 0.804  | L/(>1000)      | 0.402  | L/(>1000)      | 0.804  | L/(>1000)      |
| N275/N250 | 1.318  | 1.07           | 1.507  | 0.84           | 1.318  | 1.71           | 1.507  | 1.27           |
|           | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N25/N27   | 2.072  | 0.44           | 1.318  | 0.42           | 2.072  | 0.63           | 1.507  | 0.62           |
|           | 2.072  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 2.072  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N27/N320  | 0.335  | 0.06           | 0.670  | 0.02           | 0.335  | 0.09           | 0.670  | 0.03           |
|           | 0.335  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      | 0.335  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      |
| N320/N29  | 1.005  | 0.32           | 0.804  | 0.20           | 1.005  | 0.49           | 0.804  | 0.32           |
|           | 1.005  | L/(>1000)      | 0.804  | L/(>1000)      | 1.005  | L/(>1000)      | 0.804  | L/(>1000)      |
| N29/N316  | 1.005  | 0.35           | 1.205  | 0.20           | 1.005  | 0.52           | 1.205  | 0.31           |
|           | 1.005  | L/(>1000)      | 1.205  | L/(>1000)      | 1.005  | L/(>1000)      | 1.205  | L/(>1000)      |
| N316/N31  | 0.670  | 0.08           | 0.335  | 0.01           | 0.670  | 0.13           | 0.335  | 0.02           |
|           | 0.670  | L/(>1000)      | 0.335  | L/(>1000)      | 0.670  | L/(>1000)      | 0.335  | L/(>1000)      |
| N31/N33   | 0.942  | 0.58           | 1.507  | 0.45           | 0.942  | 1.01           | 1.507  | 0.72           |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
|           | 0.942  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 0.942  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N33/N315  | 0.502  | 0.18           | 0.670  | 0.01           | 0.502  | 0.30           | 0.670  | 0.02           |
|           | 0.502  | L(>1000)       | 0.670  | L(>1000)       | 0.502  | L(>1000)       | 0.670  | L(>1000)       |
| N315/N35  | 1.406  | 0.17           | 0.804  | 0.21           | 1.607  | 0.26           | 0.804  | 0.34           |
|           | 0.402  | L(>1000)       | 0.804  | L(>1000)       | 0.402  | L(>1000)       | 0.804  | L(>1000)       |
| N35/N10   | 1.318  | 1.07           | 1.507  | 0.57           | 1.318  | 1.83           | 1.507  | 0.79           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N55/N57   | 1.507  | 0.07           | 1.507  | 0.56           | 1.507  | 0.11           | 1.507  | 0.90           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N57/N59   | 1.695  | 0.05           | 1.507  | 0.73           | 1.695  | 0.10           | 1.507  | 1.20           |
|           | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N59/N61   | 1.695  | 0.19           | 1.507  | 0.73           | 1.695  | 0.34           | 1.507  | 1.20           |
|           | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N61/N63   | 1.507  | 0.21           | 1.507  | 0.73           | 1.507  | 0.37           | 1.507  | 1.18           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N63/N65   | 1.507  | 0.08           | 1.507  | 0.72           | 1.507  | 0.15           | 1.507  | 1.22           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N65/N40   | 1.318  | 0.04           | 1.507  | 0.85           | 1.318  | 0.09           | 1.507  | 1.18           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N85/N87   | 1.507  | 0.03           | 1.507  | 0.76           | 1.507  | 0.05           | 1.507  | 1.22           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N87/N89   | 1.507  | 0.07           | 1.507  | 0.98           | 1.695  | 0.13           | 1.507  | 1.62           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N89/N91   | 1.507  | 0.15           | 1.507  | 0.97           | 1.507  | 0.29           | 1.507  | 1.61           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N91/N93   | 1.507  | 0.15           | 1.507  | 0.96           | 1.507  | 0.28           | 1.507  | 1.59           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N93/N95   | 1.318  | 0.05           | 1.507  | 0.96           | 1.318  | 0.10           | 1.507  | 1.65           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N95/N70   | 1.318  | 0.01           | 1.507  | 1.13           | 1.318  | 0.03           | 1.507  | 1.57           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N115/N117 | 1.507  | 0.03           | 1.507  | 0.74           | 1.507  | 0.05           | 1.507  | 1.22           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N117/N119 | 1.883  | 0.04           | 1.507  | 0.97           | 1.883  | 0.09           | 1.507  | 1.62           |
|           | 1.883  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.883  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N119/N121 | 1.695  | 0.19           | 1.507  | 0.96           | 1.695  | 0.34           | 1.507  | 1.61           |
|           | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N121/N123 | 1.507  | 0.20           | 1.507  | 0.95           | 1.507  | 0.36           | 1.507  | 1.58           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N123/N125 | 1.318  | 0.07           | 1.507  | 0.95           | 1.318  | 0.13           | 1.507  | 1.64           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N125/N100 | 1.318  | 0.01           | 1.507  | 1.12           | 1.318  | 0.03           | 1.507  | 1.57           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N145/N147 | 1.507  | 0.05           | 1.507  | 0.76           | 1.507  | 0.07           | 1.507  | 1.22           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N147/N149 | 1.507  | 0.08           | 1.507  | 0.98           | 1.507  | 0.15           | 1.507  | 1.62           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N149/N151 | 1.507  | 0.17           | 1.507  | 0.97           | 1.507  | 0.28           | 1.507  | 1.61           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N151/N153 | 1.507  | 0.17           | 1.507  | 0.96           | 1.507  | 0.27           | 1.507  | 1.59           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N153/N155 | 1.318  | 0.06           | 1.507  | 0.96           | 1.318  | 0.09           | 1.507  | 1.64           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N155/N130 | 1.318  | 0.00           | 1.507  | 1.13           | 1.318  | 0.01           | 1.507  | 1.57           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N175/N177 | 1.507  | 0.04           | 1.507  | 0.75           | 1.507  | 0.06           | 1.507  | 1.21           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N177/N179 | 1.695  | 0.07           | 1.507  | 0.97           | 1.695  | 0.13           | 1.507  | 1.62           |
|           | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N179/N181 | 1.507  | 0.22           | 1.507  | 0.96           | 1.507  | 0.38           | 1.507  | 1.61           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N181/N183 | 1.406  | 0.23           | 1.406  | 0.95           | 1.406  | 0.38           | 1.406  | 1.57           |
|           | 1.406  | L(>1000)       | 1.406  | L(>1000)       | 1.406  | L(>1000)       | 1.406  | L(>1000)       |
| N183/N185 | 1.318  | 0.08           | 1.507  | 0.95           | 1.318  | 0.13           | 1.507  | 1.64           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N185/N160 | 1.318  | 0.01           | 1.507  | 1.12           | 1.318  | 0.02           | 1.507  | 1.57           |
|           | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.318  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N205/N207 | 1.507  | 0.10           | 1.507  | 0.76           | 1.507  | 0.14           | 1.507  | 1.23           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N207/N209 | 1.507  | 0.10           | 1.507  | 0.98           | 1.507  | 0.19           | 1.507  | 1.64           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |
| N209/N211 | 1.507  | 0.20           | 1.507  | 0.97           | 1.507  | 0.31           | 1.507  | 1.63           |
|           | 1.507  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       | 1.695  | L(>1000)       | 1.507  | L(>1000)       |

| Grupo     | Flechas  |                |  |                |  |                |  |                |
|-----------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
|           | Flecha máxima absoluta xy<br>Flecha máxima relativa xy |                | Flecha máxima absoluta xz<br>Flecha máxima relativa xz |                | Flecha activa absoluta xy<br>Flecha activa relativa xy |                | Flecha activa absoluta xz<br>Flecha activa relativa xz |                |
|           | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) | Pos.<br>(m)  | Flecha<br>(mm) |
| N211/N213 | 1.507  | 0.21           | 1.507  | 0.96           | 1.507  | 0.31           | 1.507  | 1.60           |
|           | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N213/N215 | 1.318  | 0.07           | 1.507  | 0.96           | 1.318  | 0.11           | 1.507  | 1.66           |
|           | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N215/N190 | 1.318  | 0.01           | 1.507  | 1.13           | 1.318  | 0.02           | 1.507  | 1.58           |
|           | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N24/N343  | 1.286  | 0.06           | 1.500  | 0.09           | 1.286  | 0.11           | 1.286  | 0.06           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N9/N25    | 1.695  | 0.45           | 1.318  | 0.97           | 1.695  | 0.61           | 1.318  | 1.67           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N39/N55   | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 1.19           | 1.695  | 0.04           | 1.318  | 2.23           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N54/N342  | 1.286  | 0.07           | 1.500  | 0.11           | 1.286  | 0.12           | 1.286  | 0.09           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N69/N85   | 1.695  | 0.01           | 1.318  | 1.38           | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 2.67           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N84/N341  | 1.286  | 0.05           | 1.500  | 0.13           | 1.286  | 0.10           | 1.286  | 0.13           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N99/N115  | 1.695  | 0.01           | 1.318  | 1.38           | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 2.67           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N114/N340 | 1.286  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.286  | 0.11           | 1.286  | 0.13           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N129/N145 | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 1.38           | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 2.66           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N144/N339 | 1.286  | 0.05           | 1.500  | 0.13           | 1.286  | 0.10           | 1.286  | 0.13           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N159/N175 | 1.695  | 0.01           | 1.318  | 1.38           | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 2.68           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N189/N205 | 1.695  | 0.03           | 1.318  | 1.38           | 1.695  | 0.05           | 1.318  | 2.66           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N204/N337 | 1.286  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.286  | 0.11           | 1.286  | 0.13           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N219/N235 | 1.695  | 0.02           | 1.318  | 1.41           | 1.695  | 0.04           | 1.318  | 2.79           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.507  | L/(>1000)      |
| N249/N265 | 1.695  | 0.47           | 1.318  | 1.42           | 1.695  | 0.61           | 1.318  | 2.45           |
|           | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      | 1.695  | L/(>1000)      | 1.318  | L/(>1000)      |
| N264/N335 | 1.286  | 0.06           | 1.500  | 0.10           | 1.286  | 0.12           | 1.286  | 0.09           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N234/N336 | 1.286  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.286  | 0.12           | 1.286  | 0.13           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |
| N174/N338 | 1.286  | 0.06           | 1.500  | 0.13           | 1.286  | 0.12           | 1.286  | 0.13           |
|           | 1.286  | L/(>1000)      | 1.500  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      | 1.286  | L/(>1000)      |

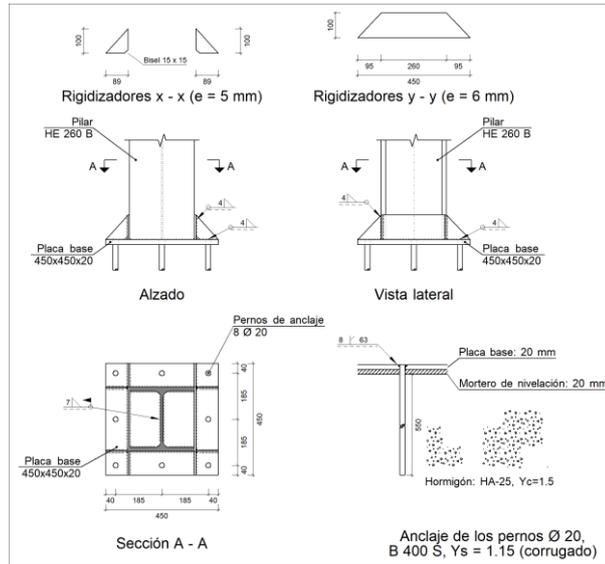
3.1.10.3 Uniones

1.1.- Uniones

1.1.1.- Memoria de cálculo

1.1.1.1.- Tipo 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |            |       |             |             |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Taladros |                        |                        |            | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base                |           | 450        | 450        | 20           | 8        | 36                     | 22                     | 8          | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador               |           | 89         | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador               |           | 450        | 100        | 6            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |                                     |                               |                    |  |               |                               |           |
|--|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                     | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                           | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |                               |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                                | 7                                      | 1278                                | 10.0                          | 90.00              |  |               |                               |           |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |  |  |                                     |                               |                    |  |               |                               |           |
| Comprobación de resistencia  |  |  |                                     |                               |                    |  |               |                               |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |                    | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.              |  |                                     |                               |                    |  |               | 410.0                         | 0.85      |

2) Placa de anclaje

| Referencia:   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 60 mm<br>Calculado: 185 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 30 mm<br>Calculado: 40 mm  | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a X:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 47.8<br>Calculado: 39.8   | Cumple<br>Cumple                     |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 23 cm<br>Calculado: 55 cm  | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br>- Cortante:<br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 94.02 kN<br>Calculado: 81.48 kN<br>Máximo: 65.82 kN<br>Calculado: 5.73 kN<br>Máximo: 94.02 kN<br>Calculado: 89.67 kN | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 100.48 kN<br>Calculado: 77.69 kN   | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 248.041 MPa  | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 209.52 kN<br>Calculado: 5.33 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 180.143 MPa<br>Calculado: 130.15 MPa<br>Calculado: 235.174 MPa<br>Calculado: 235.307 MPa   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br>Calculado: 5660.31<br>Calculado: 7801.86<br>Calculado: 4184<br>Calculado: 4181.58                             | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 236.79 MPa   | Cumple                               |

|                                     |  |         |        |
|-------------------------------------|--|---------|--------|
| Referencia:                         |  |         |        |
| Comprobación                        |  | Valores | Estado |
| Se cumplen todas las comprobaciones |  |         |        |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                        |           |                                  |           |           |                    |
|--|------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Ref.   | Tipo                   | a<br>(mm) | Preparación de<br>bordes<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura a la placa base              | En ángulo              | 4         | --                               | 89        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura al rigidizador en el extremo | En ángulo              | 4         | --                               | 85        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura a la placa base              | En ángulo              | 4         | --                               | 89        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura al rigidizador en el extremo | En ángulo              | 4         | --                               | 85        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura a la placa base               | En ángulo              | 4         | --                               | 89        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura al rigidizador en el extremo  | En ángulo              | 4         | --                               | 85        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura a la placa base               | En ángulo              | 4         | --                               | 89        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura al rigidizador en el extremo  | En ángulo              | 4         | --                               | 85        | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = -133): Soldadura a la placa base              | En ángulo              | 4         | --                               | 450       | 6.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = 133): Soldadura a la placa base               | En ángulo              | 4         | --                               | 450       | 6.0       | 90.00              |
| Soldadura de los pernos a la placa base                            | De penetración parcial | --        | 8                                | 63        | 20.0      | 90.00              |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura a la placa base              | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura al rigidizador en el extremo | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura a la placa base              | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -128): Soldadura al rigidizador en el extremo | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura a la placa base               | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura al rigidizador en el extremo  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura a la placa base               | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 128): Soldadura al rigidizador en el extremo  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = -133): Soldadura a la placa base              | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 133): Soldadura a la placa base               | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de los pernos a la placa base                            | 0.0                                    | 0.0                                    | 206.1                                   | 356.9                         | 92.50         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

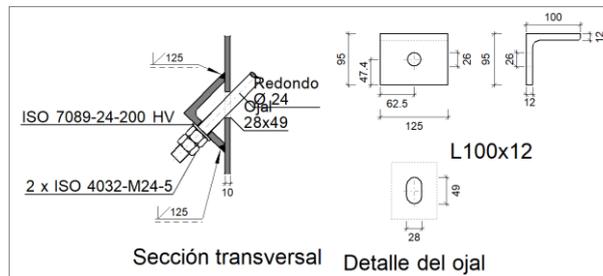
## d) Medición

| Soldaduras              |                        |   |                             |                              |
|-------------------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller              | En ángulo                                       | 4                           | 2662                         |
|                         |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 8                           | 503                          |
|                         | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 7                           | 1278                         |

| Placas de anclaje              |                           |          |                  |           |
|--------------------------------|---------------------------|----------|------------------|-----------|
| Material                       | Elementos                 | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275                           | Placa base                | 1        | 450x450x20       | 31.79     |
|                                | Rigidizadores pasantes    | 2        | 450/260x100/0x6  | 3.34      |
|                                | Rigidizadores no pasantes | 4        | 89/0x100/0x5     | 0.70      |
|                                | Total                     |          |                  | 35.84     |
| B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje         | 8        | Ø 20 - L = 610   | 12.03     |
|                                | Total                     |          |                  | 12.03     |

1.1.1.2.- Tipo 2

a) Detalle



b) Comprobación

1) L100x12 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 29.39  | 179.64     | 16.36      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 61.48      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                | Preparación de bordes (mm)          | l (mm)                               |                            |                |                                     |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple              | 10                                  | 125                                  |                            |                |                                     |                                     |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

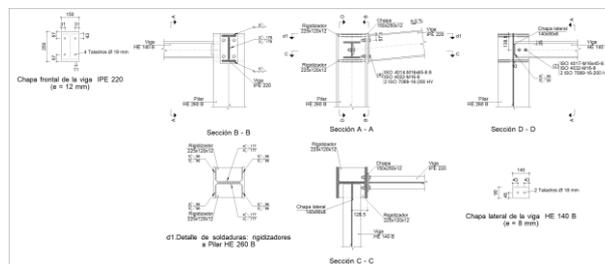
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 12                       | 250                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L100x12          | 125           | 2.21      |
|           | Total                |                  |               | 2.21      |

| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

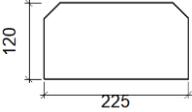
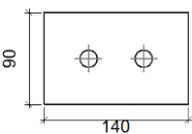
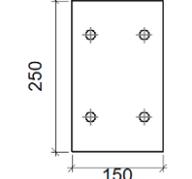
1.1.1.3.- Tipo 3

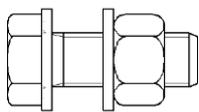
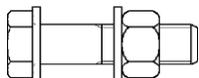
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Pieza | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|-------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
|       |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar | HE 260 B    |         | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | HE 140 B    |         | 140              | 140                | 12                   | 7                     | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | IPE 220     |         | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios    |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                        | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|                              | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                  |  | 225        | 120        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa lateral: Viga HE 140 B |  | 140        | 90         | 8            | 2        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga IPE 220  |  | 150        | 250        | 12           | 4        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x45-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 45            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                      |        |            |            |       |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                         | Esbeltz              | --                   | --     | --         | 34.77      |       |
|                               | Cortante             | kN                   | 23.08  | 304.51     | 7.58       |       |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 30.90  | 261.90     | 11.80      |       |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 33.87  | 261.90     | 12.93      |       |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 30.65  | 261.90     | 11.70      |       |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 34.56  | 261.90     | 13.20      |       |
| Ala                           | Desgarro             | N/mm <sup>2</sup>    | 12.19  | 261.90     | 4.66       |       |
|                               | Cortante             | N/mm <sup>2</sup>    | 24.05  | 261.90     | 9.18       |       |
| Viga IPE 220                  | Ala                  | Tracción por flexión | kN     | 38.49      | 180.86     | 21.28 |
|                               |                      | Tracción             | kN     | 8.46       | 274.49     | 3.08  |
|                               | Alma                 | Tracción             | kN     | 21.56      | 155.85     | 13.83 |
|                               | Alma                 | Punzonamiento        | kN     | 56.03      | 385.73     | 14.52 |

|               |  |                                  |    |       |       |       |
|---------------|--|----------------------------------|----|-------|-------|-------|
| Viga HE 140 B |  | Flexión por fuerza perpendicular | kN | 56.03 | 83.93 | 66.75 |
|---------------|--|----------------------------------|----|-------|-------|-------|

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                    |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 5      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 5      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 5      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 5      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |  |  |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia                   |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 7.6                                 | 7.6                                 | 20.4                                 | 38.5                       | 9.97       | 13.4                                | 4.07       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 5.8                                  | 10.1                       | 2.61       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 14.8                                | 14.8                                | 20.1                                 | 45.7                       | 11.85      | 16.0                                | 4.88       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 6.8                                  | 11.8                       | 3.05       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 6.7                                 | 6.7                                 | 20.4                                 | 37.8                       | 9.80       | 12.6                                | 3.84       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 5.5                                  | 9.5                        | 2.45       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 15.9                                | 15.9                                | 20.1                                 | 47.2                       | 12.24      | 16.6                                | 5.07       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 7.4                                  | 12.8                       | 3.32       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 38.49  | 139.78     | 27.53      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 32.32  | 266.25     | 12.14      |
|                               | Tracción             | kN       | 11.02  | 132.52     | 8.31       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 16.45  | 144.44     | 11.39      |

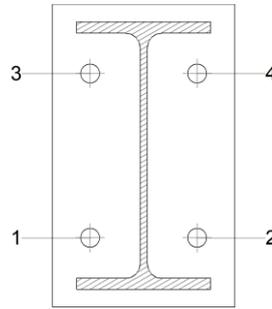
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3      | 178    | 5.9    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |  |  |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 31.1                                | 34.2                                | 0.6                                  | 66.9                       | 17.33      | 31.1                                | 9.48       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 30.5                                | 30.5                                | 9.6                                  | 63.2                       | 16.39      | 30.5                                | 9.30       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 40.3                                | 36.6                                | 25.7                                 | 87.4                       | 22.64      | 42.7                                | 13.01      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

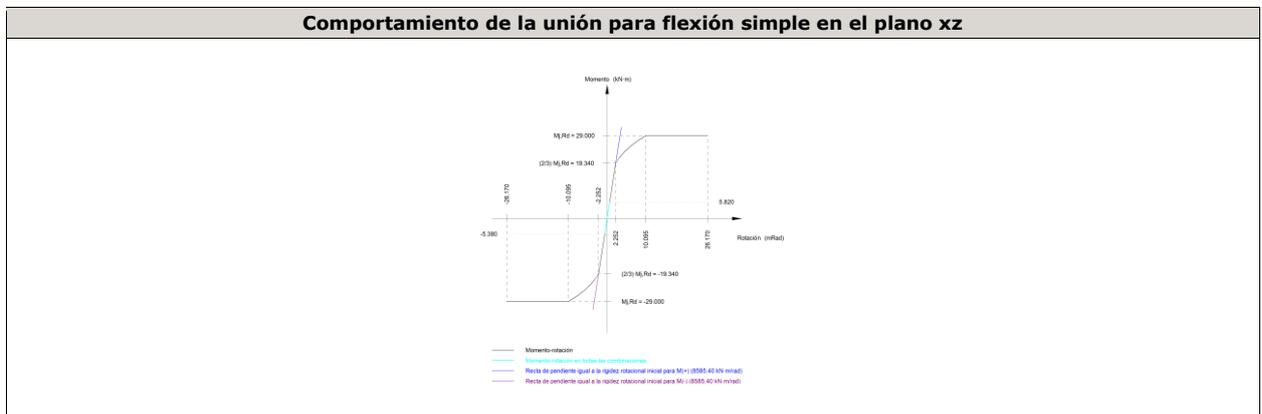


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 31                  | 136                 | 88                  | 31.0   |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 31                  | 136                 | 88                  | 31.0   |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 31                  | 136                 | 88                  | 31.0   |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 31                  | 136                 | 88                  | 31.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 12.496      | 64.340          | 19.42      | Vástago       | 24.761      | 90.432          | 27.38      | 37.58                           | 37.58           |
|             | Aplastamiento       | 12.496      | 157.440         | 7.94       | Punzonamiento | 24.761      | 188.262         | 13.15      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 12.511      | 64.340          | 19.45      | Vástago       | 24.906      | 90.432          | 27.54      | 37.82                           | 37.82           |
|             | Aplastamiento       | 12.511      | 90.983          | 13.75      | Punzonamiento | 24.906      | 188.262         | 13.23      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 12.663      | 64.340          | 19.68      | Vástago       | 19.948      | 90.432          | 22.06      | 22.56                           | 22.56           |
|             | Aplastamiento       | 12.663      | 157.440         | 8.04       | Punzonamiento | 19.948      | 188.262         | 10.60      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 12.678      | 64.340          | 19.70      | Vástago       | 19.780      | 90.432          | 21.87      | 22.82                           | 22.82           |
|             | Aplastamiento       | 12.678      | 90.968          | 13.94      | Punzonamiento | 19.780      | 188.262         | 10.51      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 2423.99             | 8585.40             |
| Calculada para momentos negativos | 2423.99             | 8585.40             |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.17   | 1.80       | 65.12      |
| Momento resistente         | kNm      | 5.82   | 29.00      | 20.05      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 25.884 | 667        | 3.88       |

3) Viga HE 140 B

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.37       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 31.38      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 82.16  | 230.97     | 35.57      |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 28.02  | 78.72      | 35.59      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 56.03  | 87.10      | 64.33      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 28.04  | 68.91      | 40.69      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 56.03  | 162.91     | 34.39      |

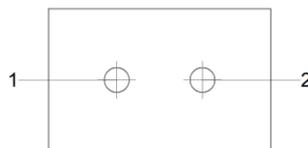
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                   |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | En ángulo | 5      | 90     | 8.0    | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia                  |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | 44.0                                | 44.0                                | 0.7                                  | 88.1                       | 22.82      | 44.0                                | 13.42      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 45                  | 33                  | --                  | 54                  | 43.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 45                  | 43                  | --                  | 54                  | 43.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 28.039      | 50.240          | 55.81      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 55.81                           | 55.81           |
|             | Aplastamiento       | 28.039      | 83.586          | 33.55      | Punzonamiento | 0.000       | 109.819         | 0.00       |                                 |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 2           | Sección transversal | 28.018      | 50.240          | 55.77      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 55.77                           | 55.77           |
|             | Aplastamiento       | 28.018      | 78.723          | 35.59      | Punzonamiento | 0.000       | 109.819         | 0.00       |                                 |                 |

d) Medición

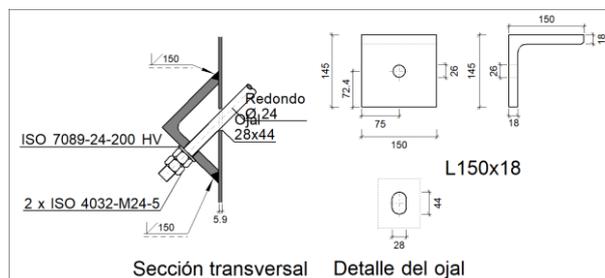
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 3                        | 357                       |
|                      |           |           | 4                        | 1416                      |
|                      |           |           | 5                        | 2133                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 225x120x12       | 10.17     |
|          | Chapas        | 1        | 140x90x8         | 0.79      |
|          |               | 1        | 150x250x12       | 3.53      |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 4        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 2        | ISO 4017-M16x45 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |

1.1.1.4.- Tipo 4

a) Detalle



b) Comprobación

1) L150x18 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 47.24  | 337.50     | 14.00      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 78.02      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                | Preparación de bordes (mm)          | l (mm)                               |                            |                |                                     |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple              | 6                                   | 150                                  |                            |                |                                     |                                     |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

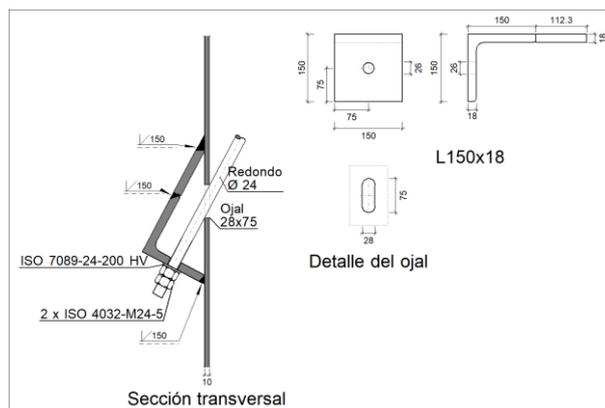
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 18                       | 300                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L150x18          | 150           | 5.98      |
|           |                      |                  | Total         | 5.98      |

| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

1.1.1.5.- Tipo 5

a) Detalle



b) Comprobación

1) L150x18 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 45.25  | 337.50     | 13.41      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 75.55      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                | Preparación de bordes (mm)          | l (mm)                               |                            |                |                                     |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple              | 10                                  | 150                                  |                            |                |                                     |                                     |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

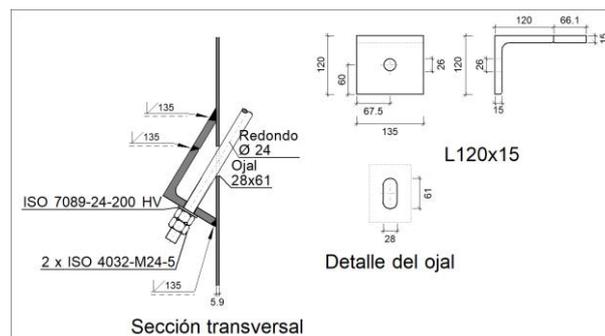
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 18                       | 450                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L150x18          | 150           | 5.98      |
|           | Total                |                  |               | 5.98      |

| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

1.1.1.6.- Tipo 7

a) Detalle



b) Comprobación

1) L120x15 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 32.72  | 247.23     | 13.23      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 69.15      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                | Preparación de bordes (mm)          | l (mm)                               |                            |                |                                     |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple              | 6                                   | 135                                  |                            |                |                                     |                                     |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

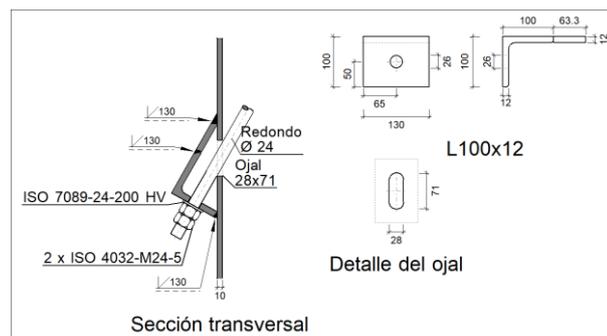
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 15                       | 405                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L120x15          | 135           | 3.58      |
|           |                      |                  | Total         | 3.58      |

| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

1.1.1.7.- Tipo 8

a) Detalle



b) Comprobación

1) L100x12 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 27.11  | 188.71     | 14.37      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 63.94      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                | Preparación de bordes (mm)          | l (mm)                               |                            |                |                                     |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple              | 10                                  | 130                                  |                            |                |                                     |                                     |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

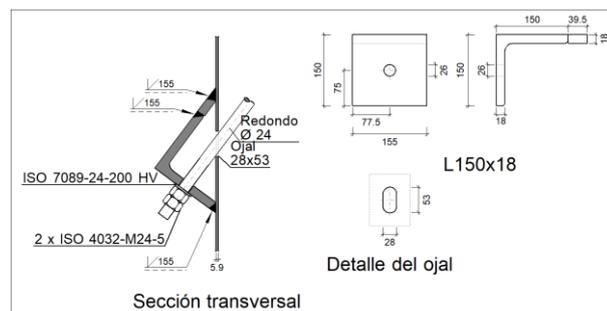
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 12                       | 390                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L100x12          | 130           | 2.30      |
|           |                      |                  | Total         | 2.30      |

| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

1.1.1.8.- Tipo 9

a) Detalle



b) Comprobación

1) L150x18 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 50.08  | 351.11     | 14.26      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 80.93      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                |                                     |                                      |                            | Preparación de bordes (mm) |                                     | l (mm)     |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple              |                                     |                                      |                            | 6                          |                                     | 155        |                                     |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                     |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)                 | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

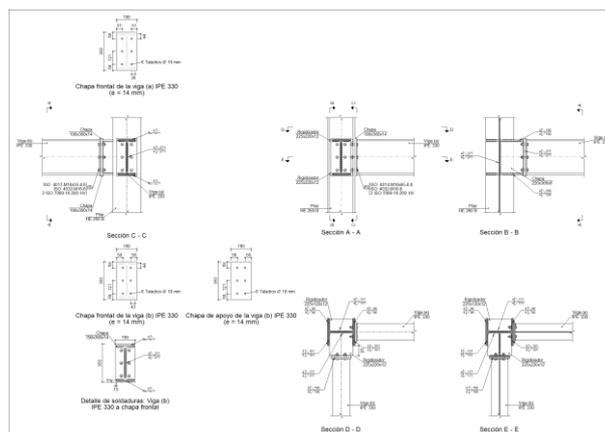
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 18                       | 465                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L150x18          | 155           | 6.18      |
|           |                      |                  | Total         | 6.18      |

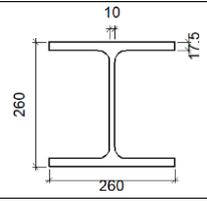
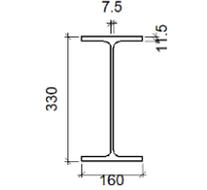
| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

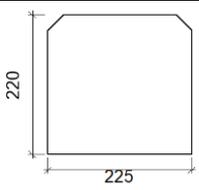
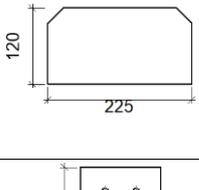
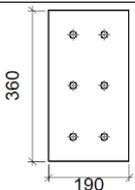
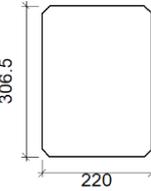
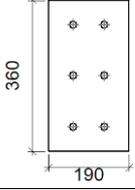
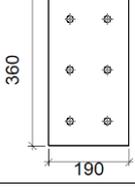
1.1.1.9.- Tipo 10

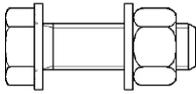
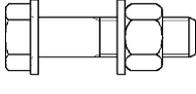
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 260 B    |  | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 225        | 220        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |  | 225        | 120        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 220        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 34.77      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 88.87  | 449.78     | 19.76      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 100.94 | 261.90     | 38.54      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 91.49  | 261.90     | 34.93      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 28.54  | 261.90     | 10.90      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 25.35  | 261.90     | 9.68       |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 118.49 | 229.84     | 51.55      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 66.12  | 261.90     | 25.24      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 42.59  | 261.90     | 16.26      |       |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 54.06      | 180.86     | 29.89 |
|                                   |                                | Tracción             | kN     | 11.89      | 274.49     | 4.33  |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 30.28      | 155.85     | 19.43 |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 13.48      | 251.43     | 5.36  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 50.83      | 180.86     | 28.10 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 23.87      | 156.16     | 15.29 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal     | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 190                              | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 190                              | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 2.0                                   | 2.0                                 | 58.3                             | 101.0                      | 26.17           | 24.0                                  | 7.33       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 19.6                             | 33.9                       | 8.78            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 25.0                                  | 25.0                                | 0.1                              | 50.1                       | 12.97           | 25.0                                  | 7.63       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 52.8                             | 91.5                       | 23.71           | 18.8                                  | 5.73       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 15.2                             | 26.3                       | 6.83            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 20.0                                  | 20.0                                | 0.1                              | 40.0                       | 10.37           | 20.0                                  | 6.10       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 20.2                                  | 20.2                                | 0.2                              | 40.4                       | 10.47           | 20.2                                  | 6.16       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 20.0                             | 34.6                       | 8.96            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 17.9                                  | 17.9                                | 0.1                              | 35.9                       | 9.30            | 17.9                                  | 5.47       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 17.7                             | 30.7                       | 7.96            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 38.2                             | 66.1                       | 17.13           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                   | 0.0                                 | 38.2                             | 66.1                       | 17.13           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                   | 0.0                                 | 55.7                             | 96.5                       | 25.02           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                   | 0.0                                 | 78.0                             | 135.0                      | 34.99           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |

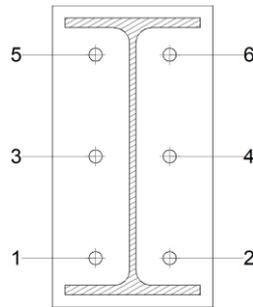
## 2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 54.06  | 180.86     | 29.89      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 73.73  | 481.90     | 15.30      |
|                               | Tracción             | kN       | 15.76  | 240.95     | 6.54       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 22.54  | 169.65     | 13.28      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 6                                   | 160                              | 11.5                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 4                                   | 271                              | 7.5                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 6                                   | 160                              | 11.5                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 32.8                                  | 32.8                                | 0.3                              | 65.6                       | 17.01           | 32.8                                  | 10.00      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 38.3                                  | 38.3                                | 7.3                              | 77.6                       | 20.11           | 38.3                                  | 11.67      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 29.9                                  | 29.9                                | 0.2                              | 59.7                       | 15.47           | 29.9                                  | 9.10       | 410.0                      | 0.85      |

## Comprobaciones para los tornillos

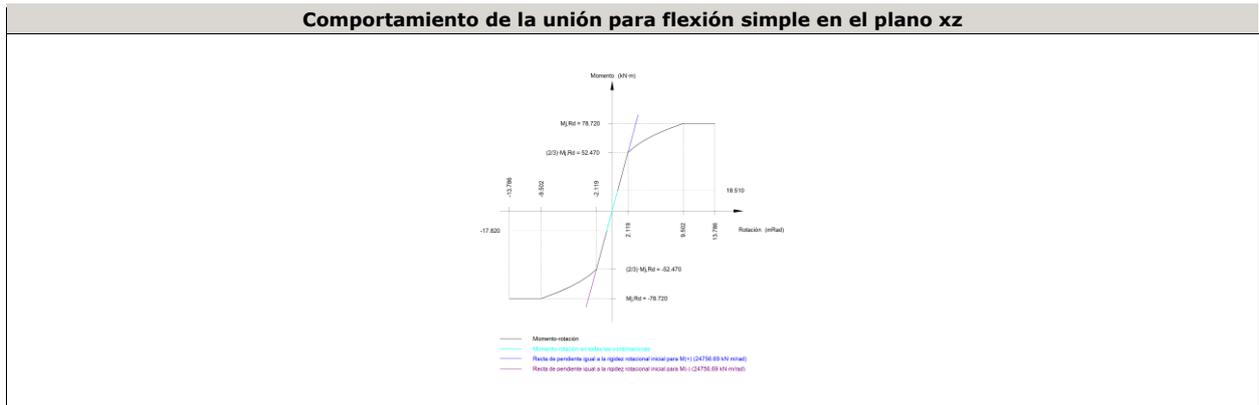


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 39.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 39.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.834       | 64.340          | 9.07       | Vástago       | 19.520      | 90.432          | 21.59      | 17.04                           | 21.59           |
|             | Aplastamiento       | 5.834       | 183.680         | 3.18       | Punzonamiento | 19.520      | 219.639         | 8.89       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 6.979       | 64.340          | 10.85      | Vástago       | 18.656      | 90.432          | 20.63      | 16.35                           | 20.63           |
|             | Aplastamiento       | 6.979       | 183.680         | 3.80       | Punzonamiento | 18.656      | 219.639         | 8.49       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.951       | 64.340          | 6.14       | Vástago       | 19.128      | 90.432          | 21.15      | 19.19                           | 21.15           |
|             | Aplastamiento       | 3.951       | 183.679         | 2.15       | Punzonamiento | 19.128      | 219.639         | 8.71       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.951       | 64.340          | 6.14       | Vástago       | 17.456      | 90.432          | 19.30      | 17.88                           | 19.30           |
|             | Aplastamiento       | 3.951       | 183.680         | 2.15       | Punzonamiento | 17.456      | 219.639         | 7.95       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.951       | 64.340          | 6.14       | Vástago       | 27.031      | 90.432          | 29.89      | 25.43                           | 29.89           |
|             | Aplastamiento       | 3.951       | 183.679         | 2.15       | Punzonamiento | 27.031      | 219.639         | 12.31      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.023       | 64.340          | 6.25       | Vástago       | 25.747      | 90.432          | 28.47      | 24.43                           | 28.47           |
|             | Aplastamiento       | 4.023       | 183.680         | 2.19       | Punzonamiento | 25.747      | 219.639         | 11.72      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 12243.89               | 24756.69               |
| Calculada para momentos negativos | 12243.89               | 24756.69               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.39   | 1.80       | 77.40      |
| Momento resistente         | kNm      | 18.51  | 78.72      | 23.52      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 54.238 | 667        | 8.14       |

3) Viga (b) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 50.83  | 180.86     | 28.10      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 77.94  | 481.90     | 16.17      |
|               | Tracción             | kN       | 13.46  | 240.95     | 5.59       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 23.90  | 149.26     | 16.01      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

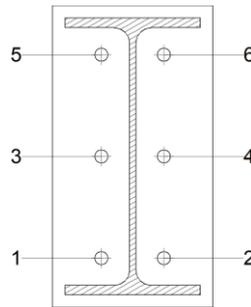
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 33.6                                | 33.6                                | 0.1                                  | 67.2                       | 17.42      | 33.6                                | 10.25      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 35.2                                | 35.2                                | 38.9                                 | 97.4                       | 25.25      | 37.5                                | 11.44      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 30.1                                | 30.1                                | 0.1                                  | 60.2                       | 15.59      | 30.1                                | 9.17       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

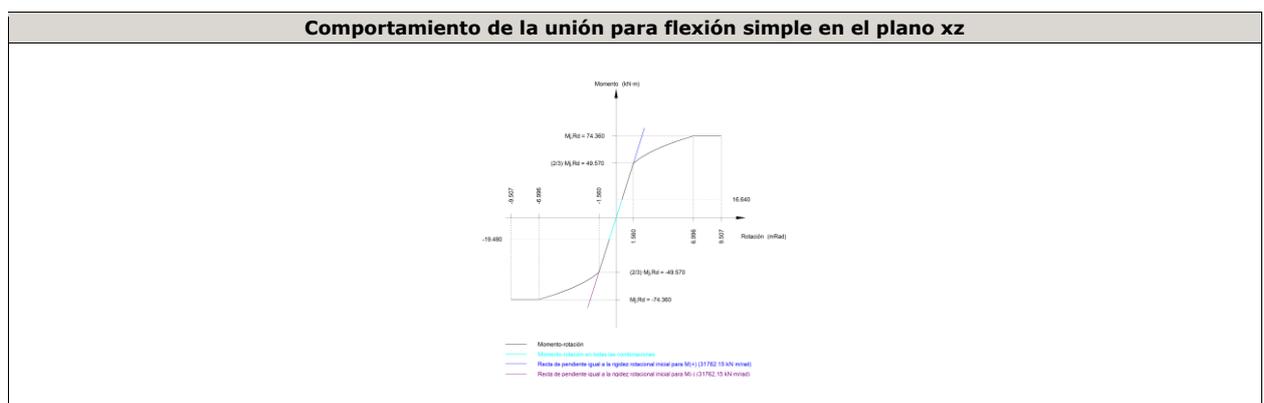


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 14.070      | 50.240          | 28.01      | Vástago       | 23.809      | 90.432          | 26.33      | 46.81                           | 46.81           |
|             | Aplastamiento       | 14.070      | 183.680         | 7.66       | Punzonamiento | 23.809      | 219.639         | 10.84      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 14.064      | 50.240          | 27.99      | Vástago       | 22.730      | 90.432          | 25.13      | 45.95                           | 45.95           |
|             | Aplastamiento       | 14.064      | 183.680         | 7.66       | Punzonamiento | 22.730      | 219.639         | 10.35      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 14.070      | 50.240          | 28.01      | Vástago       | 15.598      | 90.432          | 17.25      | 40.25                           | 40.25           |
|             | Aplastamiento       | 14.070      | 183.680         | 7.66       | Punzonamiento | 15.598      | 219.639         | 7.10       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 14.064      | 50.240          | 27.99      | Vástago       | 16.895      | 90.432          | 18.68      | 39.19                           | 39.19           |
|             | Aplastamiento       | 14.064      | 183.680         | 7.66       | Punzonamiento | 16.895      | 219.639         | 7.69       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 14.070      | 50.240          | 28.01      | Vástago       | 24.353      | 90.432          | 26.93      | 30.73                           | 30.73           |
|             | Aplastamiento       | 14.070      | 183.680         | 7.66       | Punzonamiento | 24.353      | 219.639         | 11.09      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 14.064      | 50.240          | 27.99      | Vástago       | 25.416      | 90.432          | 28.10      | 31.59                           | 31.59           |
|             | Aplastamiento       | 14.064      | 183.680         | 7.66       | Punzonamiento | 25.416      | 219.639         | 11.57      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11559.20            | 31762.15            |
| Calculada para momentos negativos | 11559.20            | 31762.15            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 19.48  | 74.36      | 26.20      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 64.520 | 667        | 9.68       |

d) Medición

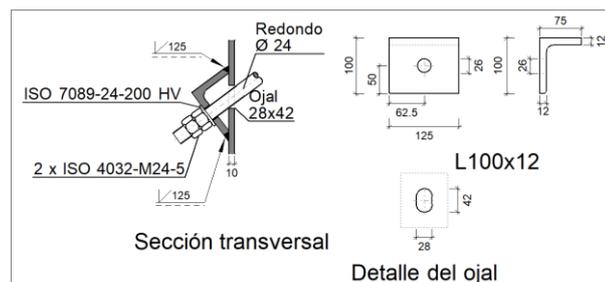
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 4366                      |
|             |           |           | 6                        | 3534                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 225x220x12       | 9.33      |
|          |               | 2        | 225x120x12       | 5.09      |
|          | Chapas        | 1        | 220x306x8        | 4.23      |
|          |               | 3        | 190x360x14       | 22.55     |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

1.1.1.10.- Tipo 11

a) Detalle



b) Comprobación

1) L100x12 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 25.77  | 179.64     | 14.34      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 63.19      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                        |                            |        |
|--|------------------------|----------------------------|--------|
| Ref.                                     | Tipo                   | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple | 10                         | 125    |

| Comprobaciones geométricas               |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                     | Tipo                                | Preparación de bordes (mm)          | I (mm)                               |                            |                |                                     |                                     |                |
| I: Longitud efectiva                     |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia              |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

c) Medición

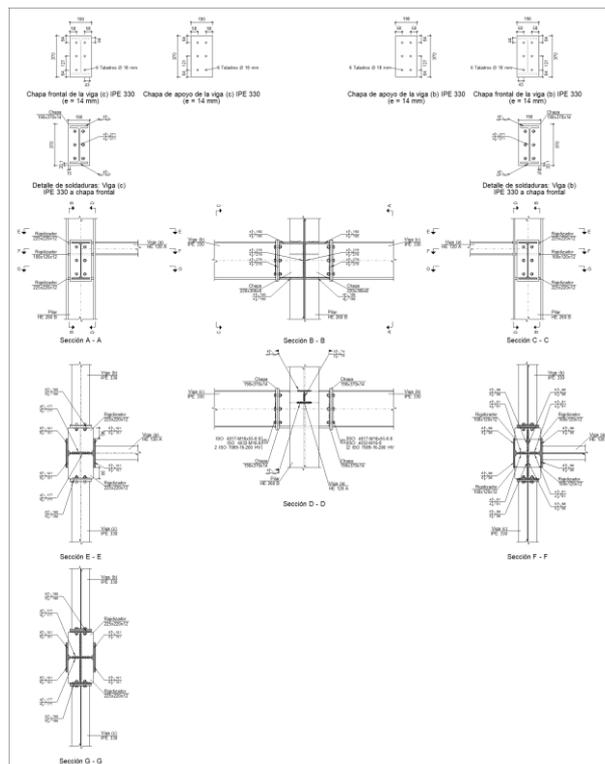
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 12                       | 250                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L100x12          | 125           | 2.21      |
|           |                      |                  | Total         | 2.21      |

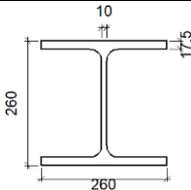
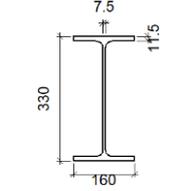
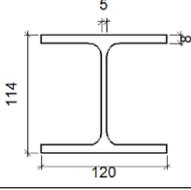
| Elementos de tornillería |               |          |              |
|--------------------------|---------------|----------|--------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción  |
| Tuercas                  | Clase 5       | 2        | ISO 4032-M24 |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 1        | ISO 7089-24  |

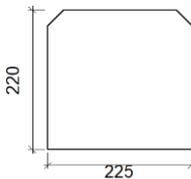
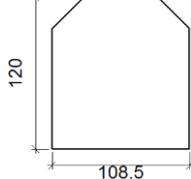
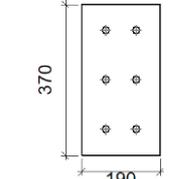
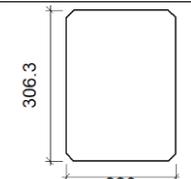
1.1.1.11.- Tipo 12

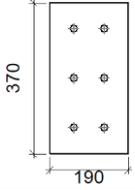
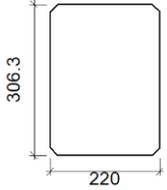
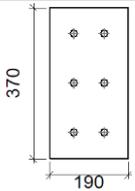
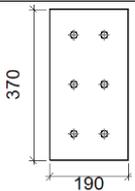
a) Detalle

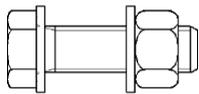


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 260 B    |  | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | HE 120 A    |  | 114              | 120                | 8                    | 5                     | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |  | 225        | 220        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |  | 108.5      | 120        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 220        | 306.3      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |  |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|--|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría  |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema  | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |   | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |   | 220        | 306.3      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |   | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|--|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |  |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 34.77      |  |
|                                   | Cortante                       | kN                | 241.77 | 353.83     | 68.33      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 138.84 | 261.90     | 53.01      |  |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 91.26  | 261.90     | 34.84      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 62.96  | 261.90     | 24.04      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 138.71 | 261.90     | 52.96      |  |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 91.12  | 261.90     | 34.79      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 62.94  | 261.90     | 24.03      |  |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |  |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 80.62  | 229.84     | 35.08      |  |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |

|                  |                                   |                       |                   |       |        |       |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|-------|--------|-------|
|                  |                                   | Deformación admisible | mRad              | --    | 2      | 0.00  |
|                  | Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante              | kN                | 80.62 | 229.84 | 35.08 |
|                  | Ala                               | Desgarro              | N/mm <sup>2</sup> | 78.72 | 261.90 | 30.06 |
|                  |                                   | Cortante              | N/mm <sup>2</sup> | 77.55 | 261.90 | 29.61 |
| Viga (c) IPE 330 | Rigidizadores                     | Tracción              | kN                | 14.34 | 251.43 | 5.70  |
|                  | Chapa de apoyo                    | Tracción por flexión  | kN                | 54.11 | 180.86 | 29.92 |
|                  | Chapa vertical                    | Tracción              | kN                | 25.42 | 156.16 | 16.28 |
| Viga (b) IPE 330 | Rigidizadores                     | Tracción              | kN                | 14.34 | 251.43 | 5.70  |
|                  | Chapa de apoyo                    | Tracción por flexión  | kN                | 54.10 | 180.86 | 29.91 |
|                  | Chapa vertical                    | Tracción              | kN                | 25.41 | 156.16 | 16.27 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 5      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 5      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 61     | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 96     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 61     | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 5      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 5      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 5      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 61     | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 96     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 61     | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 5      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 276    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 276    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 190    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 190    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 276    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 276    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 190    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 190    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                              |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>I</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>L</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>I</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | 115.7                               | 115.7                               | 18.3                                 | 233.5                      | 60.51      | 115.8                               | 35.32      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | 0.0                                 | 0.0                                 | 56.2                                 | 97.3                       | 25.20      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | 23.1                                | 23.1                                | 0.1                                  | 46.2                       | 11.97      | 23.1                                | 7.04       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | 77.4                                | 77.4                                | 1.9                                  | 154.8                      | 40.13      | 77.4                                | 23.60      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 54.9                                 | 95.1                       | 24.66      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 54.9                                 | 95.1                       | 24.66      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | 0.0                                 | 0.0                                 | 43.6                                 | 75.6                       | 19.58      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | 0.0                                 | 0.0                                 | 0.3                                  | 0.5                        | 0.12       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | 23.8                                | 23.8                                | 0.1                                  | 47.7                       | 12.35      | 23.8                                | 7.27       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | 115.6                               | 115.6                               | 18.2                                 | 233.3                      | 60.45      | 115.7                               | 35.29      | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                              |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | 0.0                                      | 0.0                                    | 56.1                                       | 97.2                          | 25.18         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | 23.1                                     | 23.1                                   | 0.1  | 46.2                          | 11.97         | 23.1                                     | 7.04          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | 77.3                                     | 77.3                                   | 1.9  | 154.6                         | 40.06         | 77.3                                     | 23.56         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 54.8                                       | 95.0                          | 24.62         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | La comprobación no procede.              |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 54.8                                       | 95.0                          | 24.62         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | 0.0                                      | 0.0                                    | 43.6                                       | 75.5                          | 19.57         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | 0.0                                      | 0.0                                    | 0.3  | 0.5                           | 0.12          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | 23.8                                     | 23.8                                   | 0.1  | 47.7                          | 12.35         | 23.8                                     | 7.27          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | 0.0                                      | 0.0                                    | 10.8                                       | 18.7                          | 4.84          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | 0.0                                      | 0.0                                    | 10.8                                       | 18.7                          | 4.84          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | 0.0                                      | 0.0                                    | 53.0                                       | 91.9                          | 23.81         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | 0.0                                      | 0.0                                    | 13.2                                       | 22.8                          | 5.91          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | 0.0                                      | 0.0                                    | 10.8                                       | 18.7                          | 4.84          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | 0.0                                      | 0.0                                    | 10.8                                       | 18.7                          | 4.84          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | 0.0                                      | 0.0                                    | 53.0                                       | 91.9                          | 23.81         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | 0.0                                      | 0.0                                    | 13.3                                       | 23.0                          | 5.97          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

## 2) Viga (a) HE 120 A

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 5         | 120       | 8.0       | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3         | 74        | 5.0       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 5         | 120       | 8.0       | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 170.3                                    | 170.3                                  | 1.0  | 340.5                         | 88.25         | 170.3                                    | 51.91         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 109.8                                    | 109.8                                  | 64.4                                       | 246.3                         | 63.82         | 109.8                                    | 33.47         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 125.2                                    | 125.2                                  | 1.0  | 250.5                         | 64.90         | 125.2                                    | 38.18         | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 54.11  | 180.86     | 29.92      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 78.39  | 481.90     | 16.27      |
|                               | Tracción             | kN       | 14.26  | 240.95     | 5.92       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 25.58  | 149.75     | 17.08      |

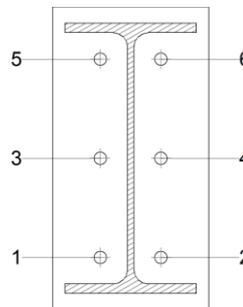
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 32.9                                | 32.9                                | 0.1                                  | 65.7                       | 17.03      | 32.9                                | 10.02      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 39.8                                | 39.8                                | 11.0                                 | 81.9                       | 21.22      | 39.8                                | 12.14      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 29.4                                | 29.4                                | 0.1                                  | 58.8                       | 15.24      | 29.4                                | 8.96       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

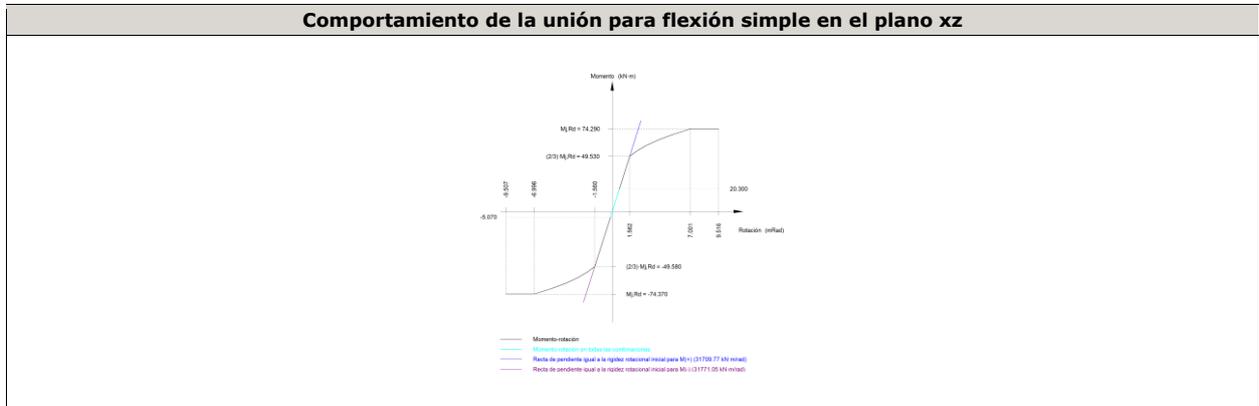


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.5   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.5   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.434       | 50.240          | 10.82      | Vástago       | 8.931       | 90.432          | 9.88       | 10.82                           | 10.82           |
|             | Aplastamiento       | 5.434       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 8.931       | 219.639         | 4.07       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 10.380      | 50.240          | 20.66      | Vástago       | 9.162       | 90.432          | 10.13      | 20.67                           | 20.67           |
|             | Aplastamiento       | 10.380      | 183.680         | 5.65       | Punzonamiento | 9.162       | 219.639         | 4.17       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 17.630      | 90.432          | 19.50      | 21.83                           | 21.83           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 17.630      | 219.639         | 8.03       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 16.986      | 90.432          | 18.78      | 21.31                           | 21.31           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 16.986      | 219.639         | 7.73       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.446       | 50.240          | 8.85       | Vástago       | 27.062      | 90.432          | 29.93      | 29.28                           | 29.93           |
|             | Aplastamiento       | 4.446       | 183.680         | 2.42       | Punzonamiento | 27.062      | 219.639         | 12.32      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 26.507      | 90.432          | 29.31      | 28.85                           | 29.31           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 26.507      | 219.639         | 12.07      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11555.02            | 31709.77            |
| Calculada para momentos negativos | 11555.02            | 31771.05            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.30  | 74.29      | 27.32      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 67.273 | 667        | 10.09      |

4) Viga (b) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 54.10  | 180.86     | 29.91      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 78.38  | 481.90     | 16.26      |
|               | Tracción             | kN       | 14.26  | 240.95     | 5.92       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 25.57  | 149.75     | 17.08      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

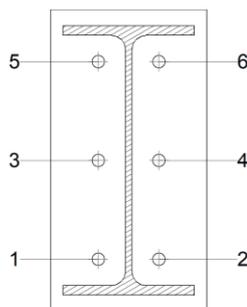
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 32.8                                | 32.8                                | 0.1                                  | 65.7                       | 17.02      | 32.8                                | 10.01      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 39.8                                | 39.8                                | 11.0                                 | 81.9                       | 21.21      | 39.8                                | 12.14      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 29.4                                | 29.4                                | 0.1                                  | 58.8                       | 15.23      | 29.4                                | 8.96       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

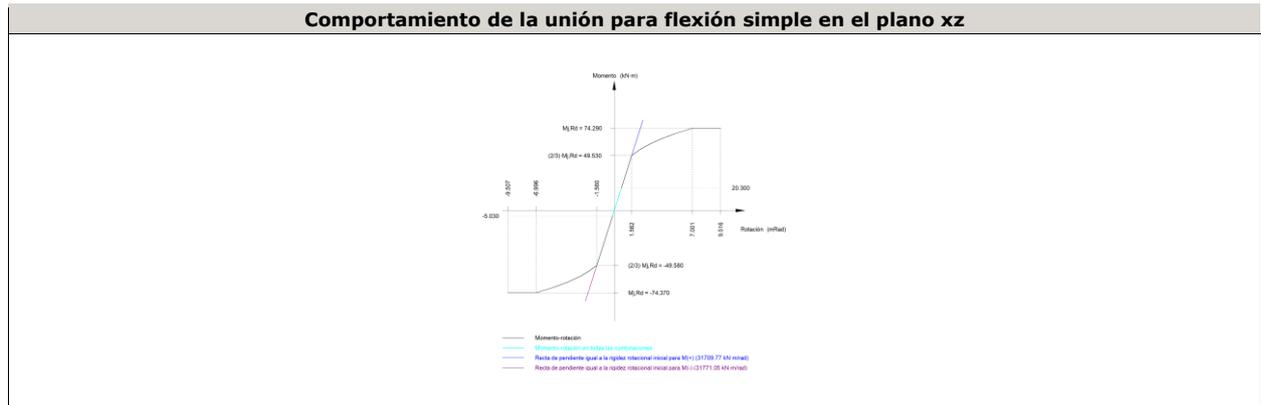


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |  |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.5      |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.5      |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 10.394      | 50.240          | 20.69      | Vástago       | 9.234       | 90.432          | 10.21      | 20.69                           | 20.69           |
|             | Aplastamiento       | 10.394      | 183.680         | 5.66       | Punzonamiento | 9.234       | 219.639         | 4.20       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.440       | 50.240          | 10.83      | Vástago       | 9.000       | 90.432          | 9.95       | 10.83                           | 10.83           |
|             | Aplastamiento       | 5.440       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 9.000       | 219.639         | 4.10       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 16.984      | 90.432          | 18.78      | 21.31                           | 21.31           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 16.984      | 219.639         | 7.73       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 17.626      | 90.432          | 19.49      | 21.83                           | 21.83           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 17.626      | 219.639         | 8.03       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 26.506      | 90.432          | 29.31      | 28.85                           | 29.31           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 26.506      | 219.639         | 12.07      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.455       | 50.240          | 8.87       | Vástago       | 27.056      | 90.432          | 29.92      | 29.27                           | 29.92           |
|             | Aplastamiento       | 4.455       | 183.680         | 2.43       | Punzonamiento | 27.056      | 219.639         | 12.32      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11555.02               | 31709.77               |
| Calculada para momentos negativos | 11555.02               | 31771.05               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.30  | 74.29      | 27.32      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 67.265 | 667        | 10.09      |

d) Medición

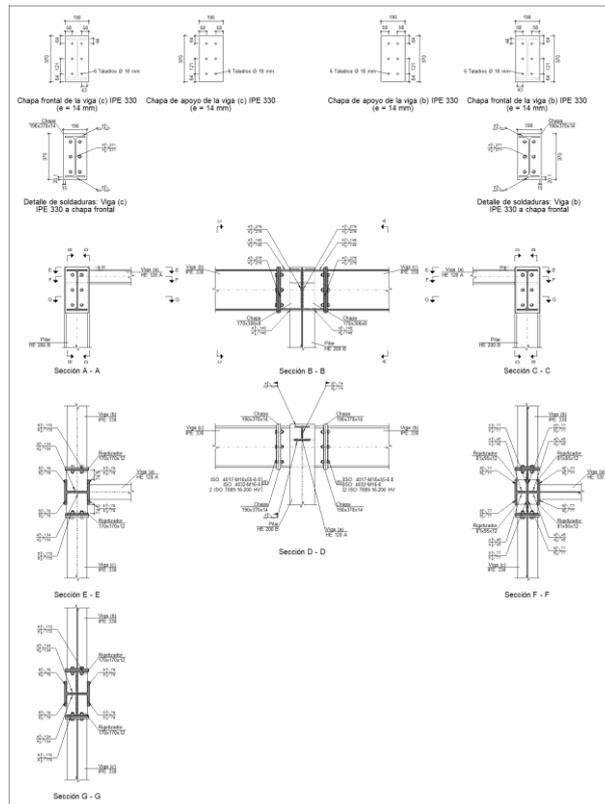
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 6714                      |
|             |                        |           | 5                        | 2384                      |
|             |                        |           | 6                        | 3486                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                        | 148                       |
|             |                        |           | 5                        | 454                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 225x220x12       | 18.65     |
|          |               | 4        | 108x120x12       | 4.91      |
|          | Chapas        | 2        | 220x306x8        | 8.46      |
|          |               | 4        | 190x370x14       | 30.90     |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

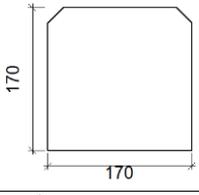
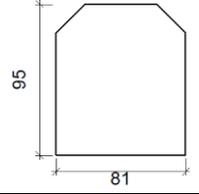
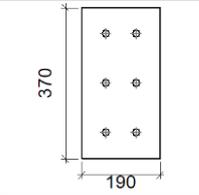
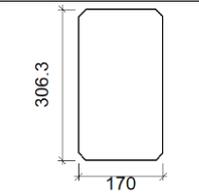
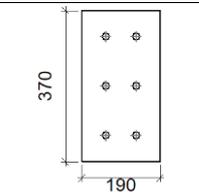
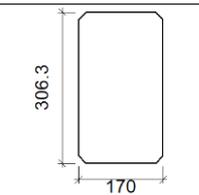
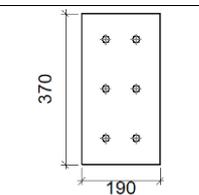
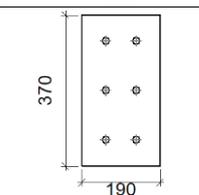
**1.1.1.12.- Tipo 15**

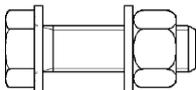
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |         | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |         | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | HE 120 A    |         | 114              | 120                | 8                    | 5                     | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |    | 81         | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |   | 170        | 306.3      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 170        | 306.3      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 29.19      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 169.43 | 244.96     | 69.17      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 102.46 | 261.90     | 39.12      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 117.44 | 261.90     | 44.84      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 80.04  | 261.90     | 30.56      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 106.73 | 261.90     | 40.75      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 115.09 | 261.90     | 43.94      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 88.50  | 261.90     | 33.79      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 76.17  | 169.36     | 44.98      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 82.28  | 169.36     | 48.59      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 51.42  | 261.90     | 19.63      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 48.47  | 261.90     | 18.51      |       |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 14.06      | 251.43     | 5.59  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 53.06      | 180.86     | 29.34 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 24.92      | 156.16     | 15.96 |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 15.22      | 251.43     | 6.05  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 57.38      | 180.86     | 31.73 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 26.95      | 156.16     | 17.26 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 5      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 5      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 5      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 5      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 5      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas  |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
|---|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.  | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical            | En ángulo                              | 6                                      | 77                                      | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                        | En ángulo                              | 4                                      | 45                                      | 9.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                              | 5                                      | 78                                      | 12.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                              | 4                                      | 134                                     | 9.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | En ángulo                              | 6                                      | 190                                     | 12.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                              | 4                                      | 276                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                              | 4                                      | 276                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                              | 4                                      | 140                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                              | 4                                      | 140                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                              | 4                                      | 276                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                              | 4                                      | 276                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                              | 4                                      | 140                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                              | 4                                      | 140                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| a: Espesor garganta<br>l: Longitud efectiva<br>t: Espesor de piezas |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia   |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 84.5                                   | 84.5                                   | 16.6                                    | 171.5                         | 44.44              | 84.6                                   | 25.79         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                    | 0.0                                    | 58.6                                    | 101.5                         | 26.31              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | 22.7                                   | 22.7                                   | 0.0                                     | 45.5                          | 11.78              | 22.7                                   | 6.93          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas                     | 98.5                                   | 98.5                                   | 2.2                                     | 197.1                         | 51.07              | 98.5                                   | 30.03         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                        | 0.0                                    | 0.0                                    | 101.7                                   | 176.2                         | 45.65              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical            | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                        | 0.0                                    | 0.0                                    | 101.7                                   | 176.2                         | 45.65              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 0.0                                    | 0.0                                    | 55.5                                    | 96.1                          | 24.89              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                    | 0.0                                    | 0.4                                     | 0.7                           | 0.18               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | 24.6                                   | 24.6                                   | 0.0                                     | 49.3                          | 12.76              | 24.6                                   | 7.51          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 86.2                                   | 86.2                                   | 22.7                                    | 176.8                         | 45.82              | 86.4                                   | 26.34         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                    | 0.0                                    | 59.9                                    | 103.7                         | 26.88              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | 24.5                                   | 24.5                                   | 0.0                                     | 49.0                          | 12.71              | 24.5                                   | 7.48          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas                     | 96.6                                   | 96.6                                   | 1.7                                     | 193.2                         | 50.06              | 96.6                                   | 29.44         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                        | 0.0                                    | 0.0                                    | 99.7                                    | 172.6                         | 44.74              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical            | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                        | 0.0                                    | 0.0                                    | 99.7                                    | 172.6                         | 44.74              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 0.0                                    | 0.0                                    | 61.3                                    | 106.2                         | 27.52              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                    | 0.0                                    | 0.3                                     | 0.6                           | 0.16               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | 26.9                                   | 26.9                                   | 0.0                                     | 53.8                          | 13.93              | 26.9                                   | 8.20          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | 0.0                                    | 0.0                                    | 11.3                                    | 19.5                          | 5.06               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 11.3                                    | 19.5                          | 5.06               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | 0.0                                    | 0.0                                    | 68.0                                    | 117.8                         | 30.53              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | 0.0                                    | 0.0                                    | 18.1                                    | 31.4                          | 8.14               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | 0.0                                    | 0.0                                    | 12.1                                    | 21.0                          | 5.45               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 12.1                                    | 21.0                          | 5.45               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | 0.0                                    | 0.0                                    | 73.5                                    | 127.3                         | 32.98              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.4                                    | 24.9                          | 6.46               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

2) Viga (a) HE 120 A

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 4         | 120       | 8.0       | 90.00              |

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3      | 74     | 5.0    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 4      | 120    | 8.0    | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 161.4                               | 161.4                               | 0.8                                  | 322.9                      | 83.68      | 161.5                               | 49.22      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 106.5                               | 106.5                               | 59.8                                 | 236.8                      | 61.37      | 106.5                               | 32.47      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 177.7                               | 177.7                               | 0.8                                  | 355.5                      | 92.13      | 177.8                               | 54.19      | 410.0                               | 0.85           |

3) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 53.06  | 180.86     | 29.34      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 79.61  | 481.90     | 16.52      |
|                               | Tracción             | kN       | 13.98  | 240.95     | 5.80       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 25.08  | 149.75     | 16.75      |

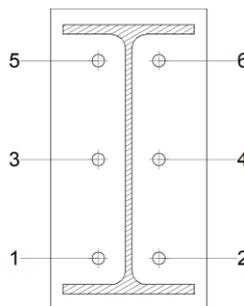
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 32.2                                | 32.2                                | 0.1                                  | 64.4                       | 16.69      | 32.2                                | 9.82       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 39.0                                | 39.0                                | 11.5                                 | 80.6                       | 20.87      | 39.0                                | 11.90      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 29.7                                | 29.7                                | 0.1                                  | 59.5                       | 15.41      | 29.7                                | 9.07       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

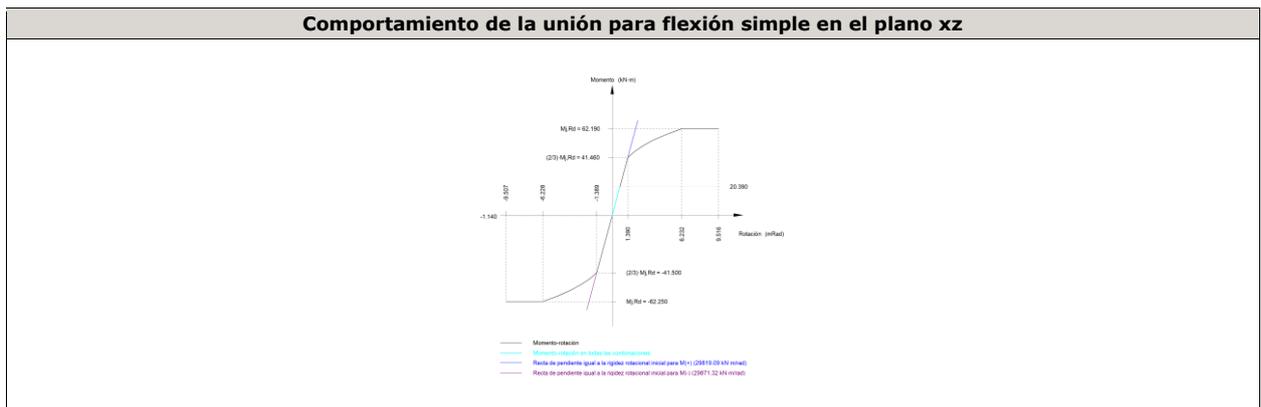


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.5      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.5      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 9.235       | 50.240          | 18.38      | Vástago       | 7.325       | 90.432          | 8.10       | 18.39                           | 18.39           |
|             | Aplastamiento       | 9.235       | 183.680         | 5.03       | Punzonamiento | 7.325       | 219.639         | 3.33       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 10.060      | 50.240          | 20.02      | Vástago       | 10.769      | 90.432          | 11.91      | 20.02                           | 20.02           |
|             | Aplastamiento       | 10.060      | 183.680         | 5.48       | Punzonamiento | 10.769      | 219.639         | 4.90       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.151       | 50.240          | 8.26       | Vástago       | 16.853      | 90.432          | 18.64      | 21.47                           | 21.47           |
|             | Aplastamiento       | 4.151       | 183.680         | 2.26       | Punzonamiento | 16.853      | 219.639         | 7.67       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.146       | 50.240          | 8.25       | Vástago       | 17.290      | 90.432          | 19.12      | 21.89                           | 21.89           |
|             | Aplastamiento       | 4.146       | 183.680         | 2.26       | Punzonamiento | 17.290      | 219.639         | 7.87       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.151       | 50.240          | 8.26       | Vástago       | 26.263      | 90.432          | 29.04      | 28.85                           | 29.04           |
|             | Aplastamiento       | 4.151       | 183.680         | 2.26       | Punzonamiento | 26.263      | 219.639         | 11.96      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.146       | 50.240          | 8.25       | Vástago       | 26.532      | 90.432          | 29.34      | 29.19                           | 29.34           |
|             | Aplastamiento       | 4.146       | 183.680         | 2.26       | Punzonamiento | 26.532      | 219.639         | 12.08      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11437.52               | 29819.09               |
| Calculada para momentos negativos | 11437.52               | 29871.32               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.39  | 62.19      | 32.79      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 71.857 | 667        | 10.78      |

4) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |              |          |        |            |            |
|-------------------------------|--------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |

|               |                      |    |       |        |       |
|---------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN | 57.38 | 180.86 | 31.73 |
| Ala           | Compresión           | kN | 86.82 | 481.90 | 18.02 |
|               | Tracción             | kN | 15.13 | 240.95 | 6.28  |
| Alma          | Tracción             | kN | 27.12 | 149.75 | 18.11 |

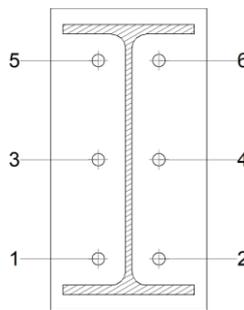
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 34.8                                | 34.8                                | 0.1                                  | 69.7                       | 18.06      | 34.8                                | 10.62      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 42.2                                | 42.2                                | 12.4                                 | 87.1                       | 22.58      | 42.2                                | 12.87      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 32.0                                | 32.0                                | 0.1                                  | 63.9                       | 16.56      | 32.0                                | 9.74       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



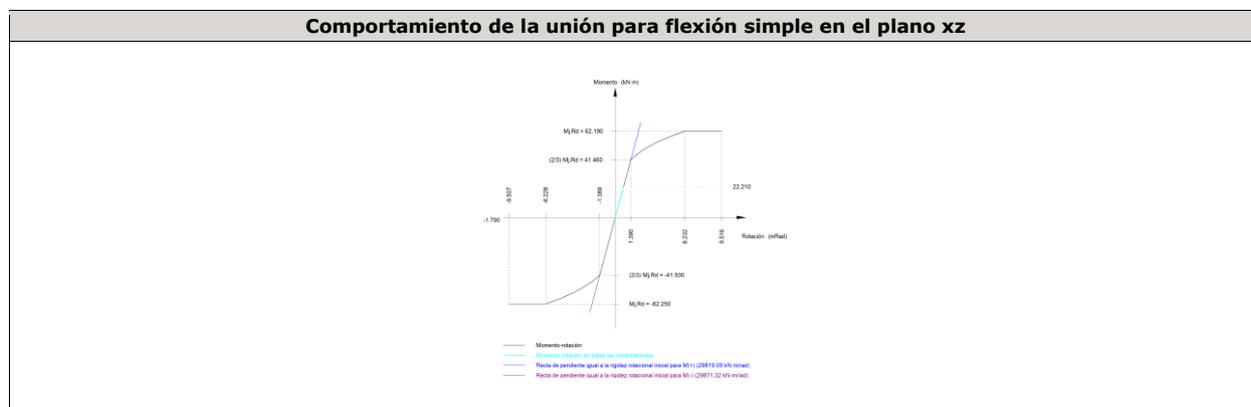
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.5   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.5   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 10.660      | 50.240          | 21.22      | Vástago       | 7.531       | 90.432          | 8.33       | 21.22   | 21.22           |
|             | Aplastamiento       | 10.660      | 183.680         | 5.80       | Punzonamiento | 7.531       | 219.639         | 3.43       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 7.127       | 50.240          | 14.19      | Vástago       | 8.725       | 90.432          | 9.65       | 14.19   | 14.19           |
|             | Aplastamiento       | 7.127       | 183.680         | 3.88       | Punzonamiento | 8.725       | 219.639         | 3.97       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.469       | 50.240          | 8.90       | Vástago       | 18.611      | 90.432          | 20.58      | 23.60   | 23.60           |
|             | Aplastamiento       | 4.469       | 183.680         | 2.43       | Punzonamiento | 18.611      | 219.639         | 8.47       |   |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.474       | 50.240          | 8.91       | Vástago       | 18.164      | 90.432          | 20.09      | 23.19                           | 23.19           |
|             | Aplastamiento       | 4.474       | 183.680         | 2.44       | Punzonamiento | 18.164      | 219.639         | 8.27       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.469       | 50.240          | 8.90       | Vástago       | 28.699      | 90.432          | 31.74      | 31.56                           | 31.74           |
|             | Aplastamiento       | 4.469       | 183.680         | 2.43       | Punzonamiento | 28.699      | 219.639         | 13.07      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.474       | 50.240          | 8.91       | Vástago       | 28.333      | 90.432          | 31.33      | 31.22                           | 31.33           |
|             | Aplastamiento       | 4.474       | 183.680         | 2.44       | Punzonamiento | 28.333      | 219.639         | 12.90      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11437.52            | 29819.09            |
| Calculada para momentos negativos | 11437.52            | 29871.32            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 22.21  | 62.19      | 35.72      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 78.247 | 667        | 11.74      |

d) Medición

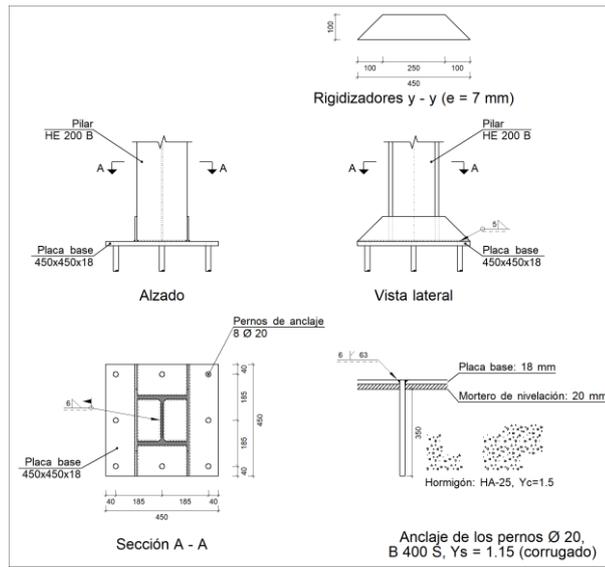
| Soldaduras           |                        |           |                          |                           |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo | 4                        | 5846                      |
|                      |                        |           | 5                        | 1856                      |
|                      |                        |           | 6                        | 3334                      |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                        | 148                       |
|                      |                        |           | 4                        | 454                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x170x12       | 10.89     |
|          |               | 4        | 81x95x12         | 2.90      |
|          | Chapas        | 2        | 170x306x8        | 6.54      |
|          |               | 4        | 190x370x14       | 30.90     |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

1.1.1.13.- Tipo 16

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |            |       |                      |                      |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |            | Acero |                      |                      |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Placa base                |           | 450        | 450        | 18           | 8        | 32                     | 22                     | 6          | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador               |           | 450        | 100        | 7            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0                | 410.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas      |           |        |        |        |                 |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                            | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura perimetral a la placa | En ángulo | 6      | 978    | 9.0    | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |  |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               | Tensión normal     |  | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) |  |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  | 410.0                                  | 0.85           |

2) Placa de anclaje

| Referencia:   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 60 mm<br>Calculado: 185 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 30 mm<br>Calculado: 40 mm  | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 39.6  | Cumple                               |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 23 cm<br>Calculado: 35 cm  | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br><br>- Cortante:<br><br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 59.83 kN<br>Calculado: 53.12 kN<br><br>Máximo: 41.88 kN<br>Calculado: 3.47 kN<br><br>Máximo: 59.83 kN<br>Calculado: 58.08 kN | Cumple<br><br>Cumple<br><br>Cumple   |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 100.48 kN<br>Calculado: 48.49 kN   | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 155.645 MPa  | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 188.57 kN<br>Calculado: 3.16 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br><br>Calculado: 124.66 MPa<br>Calculado: 126.399 MPa<br>Calculado: 239.437 MPa<br>Calculado: 239.513 MPa       | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br><br>Calculado: 642.253<br>Calculado: 612.681<br>Calculado: 2833.68<br>Calculado: 2834.28                              | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 143.015 MPa  | Cumple                               |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                                      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |                        |        |                            |        |        |                 |  |  |  |
|---|------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|-----------------|--|--|--|
| Ref.  | Tipo                   | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |
| Rigidizador y-y (x = -104): Soldadura a la placa base | En ángulo              | 5      | --                         | 450    | 7.0    | 90.00           |  |  |  |
| Rigidizador y-y (x = 104): Soldadura a la placa base  | En ángulo              | 5      | --                         | 450    | 7.0    | 90.00           |  |  |  |
| Soldadura de los pernos a la placa base               | De penetración parcial | --     | 6                          | 63     | 18.0   | 90.00           |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                           |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = -104): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 104): Soldadura a la placa base  | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de los pernos a la placa base               | 0.0                                 | 0.0                                 | 192.9                                | 334.2                      | 86.61      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

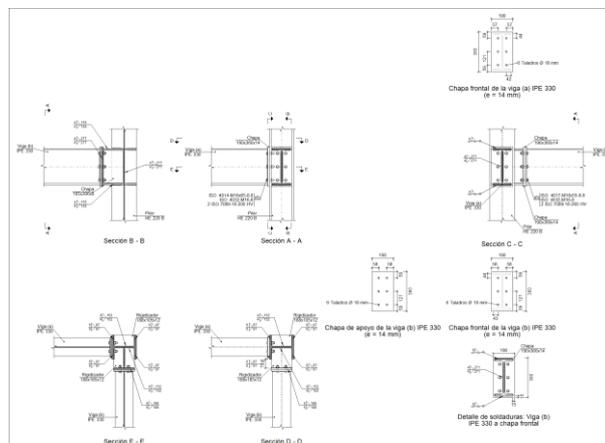
d) Medición

| Soldaduras           |                        |   |                          |                           |
|----------------------|------------------------|---|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo                                       | 5                        | 1740                      |
|                      |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 6                        | 503                       |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 6                        | 978                       |

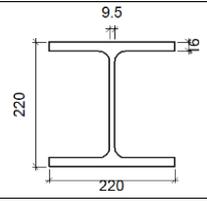
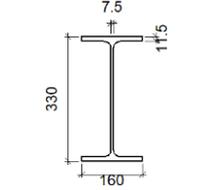
| Placas de anclaje              |                        |          |                  |           |
|--------------------------------|------------------------|----------|------------------|-----------|
| Material                       | Elementos              | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275                           | Placa base             | 1        | 450x450x18       | 28.61     |
|                                | Rigidizadores pasantes | 2        | 450/250x100/0x7  | 3.85      |
|                                | Total                  |          |                  | 32.46     |
| B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje      | 8        | Ø 20 - L = 408   | 8.05      |
|                                | Total                  |          |                  | 8.05      |

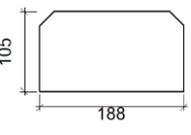
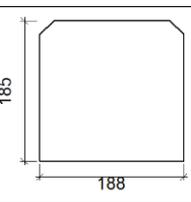
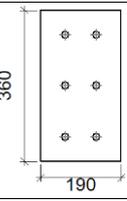
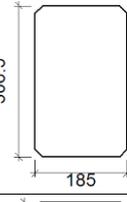
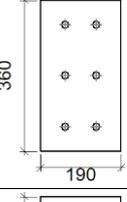
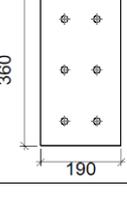
1.1.1.14.- Tipo 18

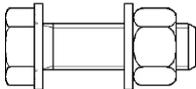
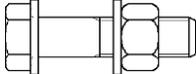
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 220 B    |  | 220              | 220                | 16                   | 9.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 188        | 105        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |  | 188        | 185        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 185        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 30.58      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 62.48  | 427.29     | 14.62      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 16.45  | 261.90     | 6.28       |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 16.81  | 261.90     | 6.42       |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 98.07  | 261.90     | 37.44      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 78.83  | 261.90     | 30.10      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 115.50 | 187.50     | 61.60      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 116.33 | 261.90     | 44.42      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 51.16  | 261.90     | 19.53      |       |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 34.84      | 180.86     | 19.26 |
|                                   |                                | Tracción             | kN     | 7.40       | 255.89     | 2.89  |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 20.05      | 142.89     | 14.03 |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 23.80      | 251.43     | 9.47  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 89.76      | 180.86     | 49.63 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 42.15      | 156.16     | 26.99 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal     | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 155                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 155                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 11.6                                | 11.6                                | 0.0                                  | 23.3                       | 6.03            | 11.6                                | 3.55       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.9                                 | 20.6                       | 5.34            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 11.9                                | 11.9                                | 0.1                                  | 23.8                       | 6.16            | 11.9                                | 3.63       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 14.4                                 | 25.0                       | 6.48            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 0.0                                 | 0.0                                 | 56.6                                 | 98.1                       | 25.41           | 15.4                                | 4.68       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 15.6                                 | 27.1                       | 7.02            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 38.8                                | 38.8                                | 0.1                                  | 77.6                       | 20.11           | 38.8                                | 11.83      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 3.0                                 | 3.0                                 | 45.4                                 | 78.9                       | 20.46           | 9.0                                 | 2.75       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.0                                 | 19.0                       | 4.92            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 30.2                                | 30.2                                | 0.1                                  | 60.4                       | 15.65           | 30.2                                | 9.20       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 7.6                                  | 13.2                       | 3.41            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 7.6                                  | 13.2                       | 3.41            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 93.1                                 | 161.3                      | 41.81           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 72.5                                 | 125.5                      | 32.53           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

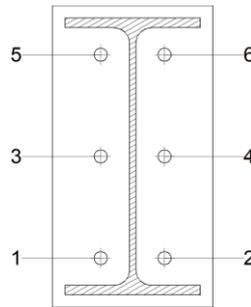
2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 34.84  | 180.86     | 19.26      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 45.57  | 481.90     | 9.46       |
|                               | Tracción             | kN       | 9.34   | 240.95     | 3.88       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 16.16  | 151.81     | 10.65      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 4                                   | 271                                  | 7.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | 21.2                                | 21.2                                | 0.1                                  | 42.3                       | 10.96           | 21.2                                | 6.45       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 25.3                                | 25.3                                | 5.8                                  | 51.5                       | 13.35           | 25.3                                | 7.70       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 19.3                                | 19.3                                | 0.1                                  | 38.6                       | 10.01           | 19.3                                | 5.89       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

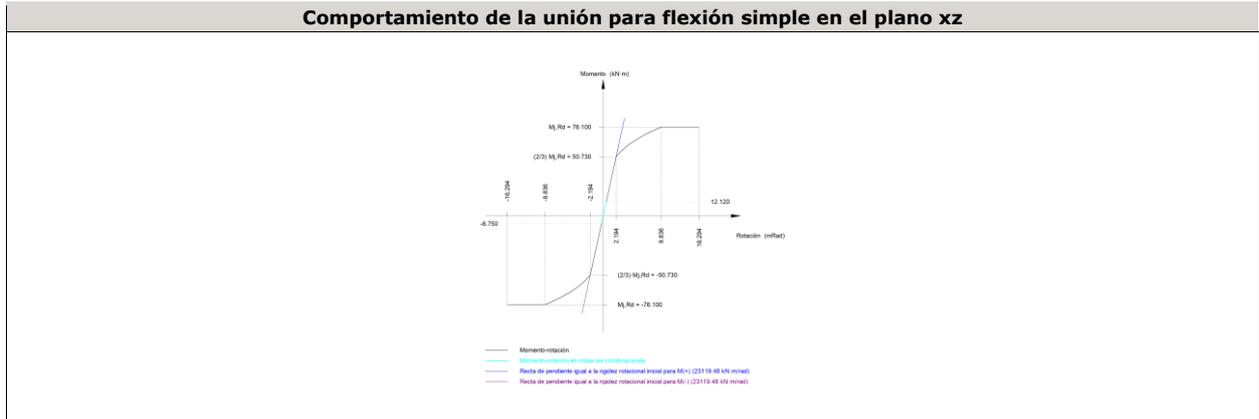


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.098       | 64.340          | 7.92       | Vástago       | 8.255       | 90.432          | 9.13       | 8.77                            | 9.13            |
|             | Aplastamiento       | 5.098       | 183.680         | 2.78       | Punzonamiento | 8.255       | 219.639         | 3.76       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.098       | 64.340          | 7.92       | Vástago       | 7.926       | 90.432          | 8.76       | 8.77                            | 8.77            |
|             | Aplastamiento       | 5.098       | 183.680         | 2.78       | Punzonamiento | 7.926       | 219.639         | 3.61       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.098       | 64.340          | 7.92       | Vástago       | 10.745      | 90.432          | 11.88      | 15.82                           | 15.82           |
|             | Aplastamiento       | 5.098       | 183.680         | 2.78       | Punzonamiento | 10.745      | 219.639         | 4.89       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.098       | 64.340          | 7.92       | Vástago       | 11.601      | 90.432          | 12.83      | 15.85                           | 15.85           |
|             | Aplastamiento       | 5.098       | 183.680         | 2.78       | Punzonamiento | 11.601      | 219.639         | 5.28       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.098       | 64.340          | 7.92       | Vástago       | 16.728      | 90.432          | 18.50      | 20.00                           | 20.00           |
|             | Aplastamiento       | 5.098       | 183.680         | 2.78       | Punzonamiento | 16.728      | 219.639         | 7.62       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.891       | 64.340          | 10.71      | Vástago       | 17.423      | 90.432          | 19.27      | 20.04                           | 20.04           |
|             | Aplastamiento       | 6.891       | 183.680         | 3.75       | Punzonamiento | 17.423      | 219.639         | 7.93       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11376.55               | 23119.48               |
| Calculada para momentos negativos | 11376.55               | 23119.48               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16   | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 12.12  | 76.10      | 15.93      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 32.171 | 667        | 4.83       |

3) Viga (b) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 89.76  | 180.86     | 49.63      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 117.18 | 481.90     | 24.32      |
|               | Tracción             | kN       | 23.78  | 240.95     | 9.87       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 42.21  | 149.26     | 28.28      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

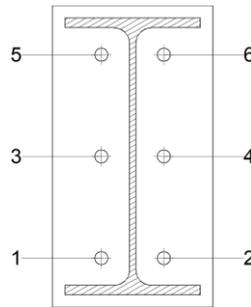
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 54.5                                | 54.5                                | 0.2                                  | 109.0                      | 28.24      | 54.5                                | 16.61      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 66.3                                | 66.3                                | 7.6                                  | 133.2                      | 34.51      | 66.3                                | 20.20      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 41.7                                | 41.7                                | 0.2                                  | 83.4                       | 21.62      | 41.7                                | 12.72      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

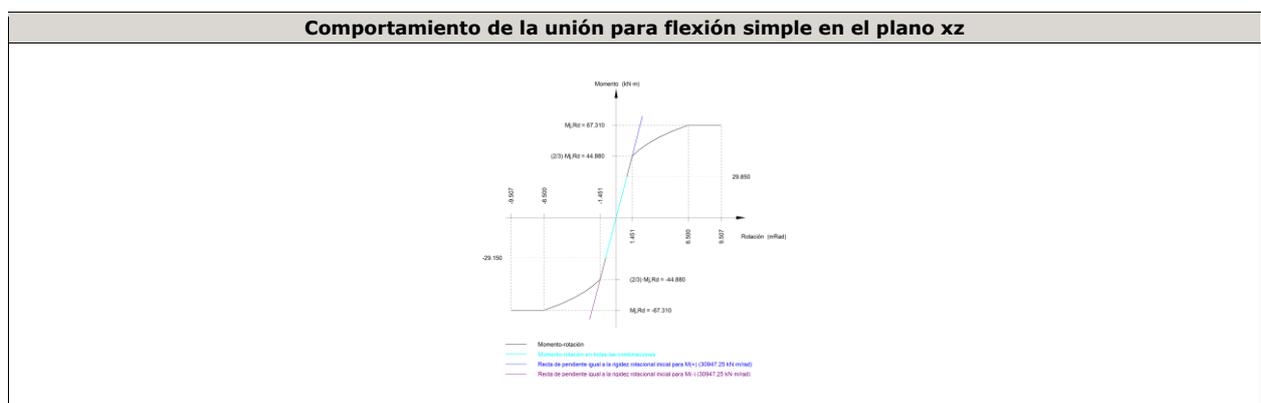


| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 33.0        |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 33.0        |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 2.799       | 50.240          | 5.57       | Vástago       | 34.368      | 90.432          | 38.00      | 32.41                           | 38.00           |
|             | Aplastamiento       | 2.799       | 183.680         | 1.52       | Punzonamiento | 34.368      | 219.639         | 15.65      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 2.799       | 50.240          | 5.57       | Vástago       | 34.182      | 90.432          | 37.80      | 32.26                           | 37.80           |
|             | Aplastamiento       | 2.799       | 183.680         | 1.52       | Punzonamiento | 34.182      | 219.639         | 15.56      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 2.799       | 50.240          | 5.57       | Vástago       | 29.072      | 90.432          | 32.15      | 28.45                           | 32.15           |
|             | Aplastamiento       | 2.799       | 183.680         | 1.52       | Punzonamiento | 29.072      | 219.639         | 13.24      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 2.799       | 50.240          | 5.57       | Vástago       | 29.365      | 90.432          | 32.47      | 28.68                           | 32.47           |
|             | Aplastamiento       | 2.799       | 183.680         | 1.52       | Punzonamiento | 29.365      | 219.639         | 13.37      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 2.799       | 50.240          | 5.57       | Vástago       | 44.642      | 90.432          | 49.37      | 40.75                           | 49.37           |
|             | Aplastamiento       | 2.799       | 183.680         | 1.52       | Punzonamiento | 44.642      | 219.639         | 20.33      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 2.799       | 50.240          | 5.57       | Vástago       | 44.881      | 90.432          | 49.63      | 40.94                           | 49.63           |
|             | Aplastamiento       | 2.799       | 183.680         | 1.52       | Punzonamiento | 44.881      | 219.639         | 20.43      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11529.44               | 30947.25               |
| Calculada para momentos negativos | 11529.44               | 30947.25               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78    | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 29.85   | 67.31      | 44.34      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 101.440 | 667        | 15.22      |

d) Medición

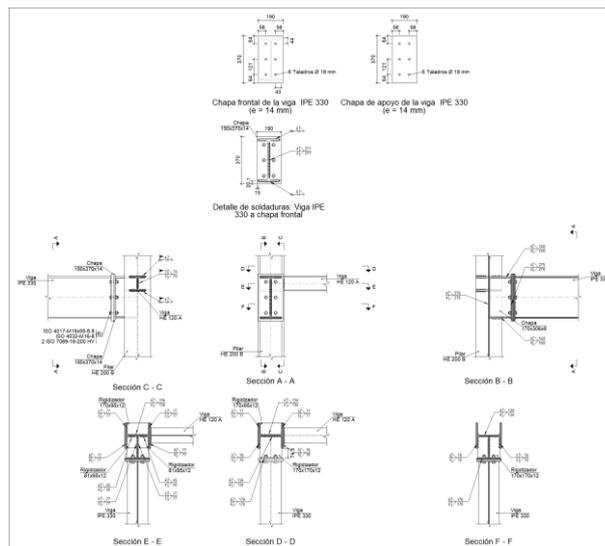
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 4026                      |
|             |           |           | 6                        | 3352                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 188x105x12       | 3.72      |
|          |               | 2        | 188x185x12       | 6.55      |
|          | Chapas        | 1        | 185x306x8        | 3.56      |
|          |               | 3        | 190x360x14       | 22.55     |
|          | Total         |          |                  |           |

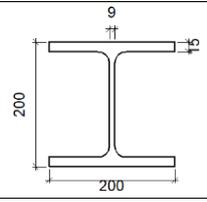
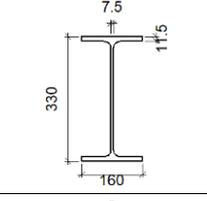
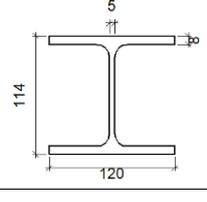
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

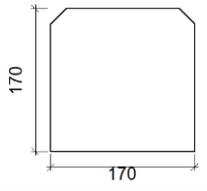
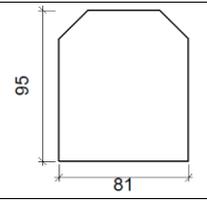
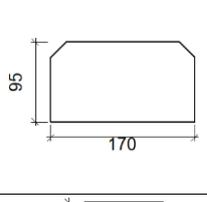
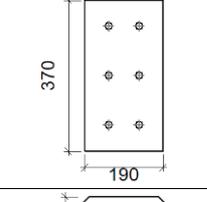
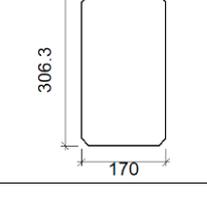
1.1.1.15.- Tipo 19

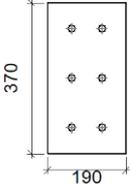
a) Detalle

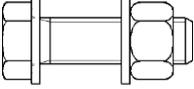


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | HE 120 A    |  | 114              | 120                | 8                    | 5                     | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios              |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                  | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                            |  | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                            |  | 81         | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                            |  | 170        | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga IPE 330 |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga IPE 330 |  | 170        | 306.3      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios   |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal: Viga IPE 330 |  | 190        | 370        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia |                                |                      |        |            |            |       |  |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|--|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |  |
| Panel                         | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 29.19      |       |  |
|                               | Cortante                       | kN                   | 48.61  | 244.96     | 19.85      |       |  |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 80.73  | 261.90     | 30.82      |       |  |
| Rigidizador intermedio        | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 27.29  | 261.90     | 10.42      |       |  |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 67.31  | 261.90     | 25.70      |       |  |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 23.28  | 261.90     | 8.89       |       |  |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 43.09  | 261.90     | 16.45      |       |  |
| Chapa frontal [Viga IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |  |
|                               | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |  |
| Chapa vertical [Viga IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 80.40  | 169.36     | 47.47      |       |  |
| Ala                           | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 145.05 | 261.90     | 55.38      |       |  |
|                               | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 48.87  | 261.90     | 18.66      |       |  |
| Viga IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 17.05      | 251.43     | 6.78  |  |
|                               | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 64.28      | 180.86     | 35.54 |  |
|                               | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 30.19      | 156.16     | 19.33 |  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 5      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 5      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 5      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                              | 5                                      | 77                                      | 12.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 134                                     | 9.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                              | 5                                      | 77                                      | 12.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 134                                     | 9.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 276                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                              | 4                                      | 276                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 140                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 140                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 11.8                                   | 11.8                                   | 55.1                                    | 98.3                          | 25.47              | 28.2                                   | 8.59          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 19.4                                    | 33.6                          | 8.72               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 28.0                                   | 28.0                                   | 0.0                                     | 56.1                          | 14.53              | 28.0                                   | 8.55          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 23.0                                   | 23.0                                   | 2.0                                     | 46.2                          | 11.97              | 23.0                                   | 7.02          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 23.6                                    | 41.0                          | 10.61              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 23.6                                    | 41.0                          | 10.61              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                    | 0.0                                    | 46.6                                    | 80.8                          | 20.94              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 0.2                                     | 0.3                           | 0.07               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 20.1                                   | 20.1                                   | 0.0                                     | 40.2                          | 10.42              | 20.1                                   | 6.13          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 19.8                                   | 19.8                                   | 0.3                                     | 39.5                          | 10.24              | 19.8                                   | 6.02          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 13.7                                    | 23.7                          | 6.14               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 36.5                                   | 36.5                                   | 2.3                                     | 73.0                          | 18.92              | 36.5                                   | 11.11         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 25.4                                    | 44.0                          | 11.39              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 9.5                                     | 16.5                          | 4.28               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                    | 0.0                                    | 9.5                                     | 16.5                          | 4.28               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 71.8                                    | 124.3                         | 32.22              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 48.6                                    | 84.1                          | 21.80              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

## 2) Viga HE 120 A

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                              | 4                                      | 120                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                              | 3                                      | 74                                      | 5.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                              | 4                                      | 120                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala superior   | 55.5                                   | 55.5                                   | 0.7                                     | 110.9                         | 28.75              | 55.5                                   | 16.91         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 34.1                                   | 34.1                                   | 19.5                                    | 76.2                          | 19.73              | 34.1                                   | 10.40         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 67.6                                   | 67.6                                   | 0.7                                     | 135.1                         | 35.02              | 67.6                                   | 20.60         | 410.0                                  | 0.85           |

3) Viga IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 64.28  | 180.86     | 35.54      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 84.89  | 481.90     | 17.62      |
|                               | Tracción             | kN       | 16.95  | 240.95     | 7.03       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 30.38  | 149.75     | 20.29      |

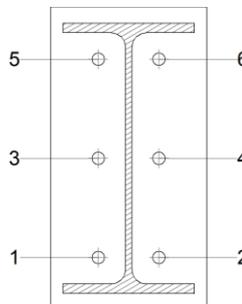
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |            |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |            |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                | Aprov. (%) |
| Soldadura del ala superior  | 39.0                                | 39.0                                | 0.1                                  | 78.0                       | 20.22          | 39.0                                | 11.90                               | 410.0          | 0.85       |
| Soldadura del alma          | 47.3                                | 47.3                                | 4.4                                  | 94.9                       | 24.59          | 47.3                                | 14.42                               | 410.0          | 0.85       |
| Soldadura del ala inferior  | 28.8                                | 28.8                                | 0.2                                  | 57.6                       | 14.92          | 28.8                                | 8.78                                | 410.0          | 0.85       |

Comprobaciones para los tornillos



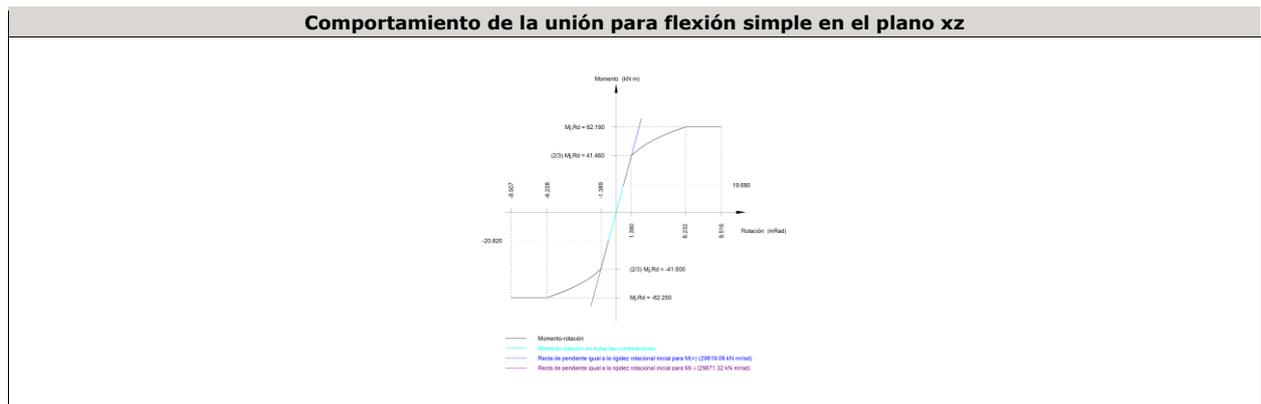
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.5   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.5   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.514       | 50.240          | 6.99       | Vástago       | 23.147      | 90.432          | 25.60      | 18.39   | 25.60           |
|             | Aplastamiento       | 3.514       | 183.680         | 1.91       | Punzonamiento | 23.147      | 219.639         | 10.54      |   |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 20.928      | 50.240          | 41.66      | Vástago       | 23.720      | 90.432          | 26.23      | 41.66                           | 41.66           |
|             | Aplastamiento       | 20.928      | 183.680         | 11.39      | Punzonamiento | 23.720      | 219.639         | 10.80      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.514       | 50.240          | 6.99       | Vástago       | 20.521      | 90.432          | 22.69      | 19.42                           | 22.69           |
|             | Aplastamiento       | 3.514       | 183.680         | 1.91       | Punzonamiento | 20.521      | 219.639         | 9.34       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.516       | 50.240          | 7.00       | Vástago       | 21.317      | 90.432          | 23.57      | 20.02                           | 23.57           |
|             | Aplastamiento       | 3.516       | 183.680         | 1.91       | Punzonamiento | 21.317      | 219.639         | 9.71       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.514       | 50.240          | 6.99       | Vástago       | 31.479      | 90.432          | 34.81      | 28.08                           | 34.81           |
|             | Aplastamiento       | 3.514       | 183.680         | 1.91       | Punzonamiento | 31.479      | 219.639         | 14.33      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.516       | 50.240          | 7.00       | Vástago       | 32.140      | 90.432          | 35.54      | 28.57                           | 35.54           |
|             | Aplastamiento       | 3.516       | 183.680         | 1.91       | Punzonamiento | 32.140      | 219.639         | 14.63      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11437.52            | 29819.09            |
| Calculada para momentos negativos | 11437.52            | 29871.32            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.82  | 62.25      | 33.45      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 73.279 | 667        | 10.99      |

d) Medición

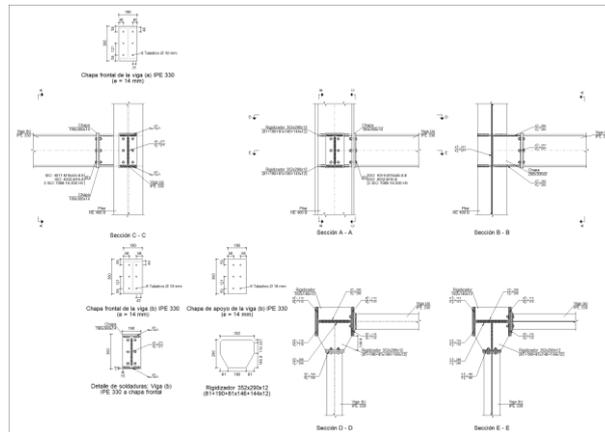
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 3459                      |
|             |                        |           | 5                        | 1544                      |
|             |                        |           | 6                        | 1667                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                        | 148                       |
|             |                        |           | 4                        | 454                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x170x12       | 5.44      |
|          |               | 2        | 81x95x12         | 1.45      |
|          |               | 2        | 170x95x12        | 3.04      |
|          | Chapas        | 1        | 170x306x8        | 3.27      |
|          |               | 2        | 190x370x14       | 15.45     |
| Total    |               |          |                  | 28.66     |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |

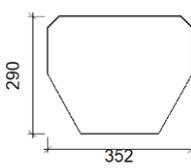
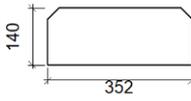
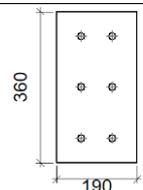
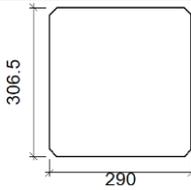
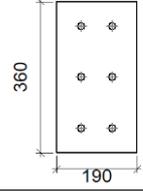
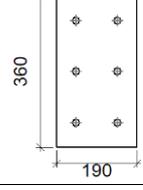
1.1.1.16.- Tipo 22

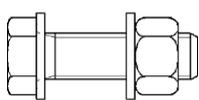
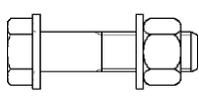
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |      |                      |                      |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      | Acero                 |      |                      |                      |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275 | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275 | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 352        | 290        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                                |    | 352        | 140        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |   | 290        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 40.29      |
|                                   | Cortante                       | kN                | 72.54  | 607.20     | 11.95      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 35.38  | 261.90     | 13.51      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 39.76  | 261.90     | 15.18      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 36.08  | 261.90     | 13.78      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 37.25  | 261.90     | 14.22      |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 50.68  | 314.52     | 16.11      |
|                                   | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 22.15  | 261.90     | 8.46       |
| Ala                               | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 21.76  | 261.90     | 8.31       |
|                                   | Tracción por flexión           | kN                | 81.51  | 180.86     | 45.07      |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | kN                | 18.23  | 274.49     | 6.64       |
|                                   | Alma                           | kN                | 45.05  | 214.07     | 21.05      |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | kN                | 8.70   | 251.43     | 3.46       |
|                                   | Chapa de apoyo                 | kN                | 32.83  | 180.86     | 18.15      |
|                                   | Chapa vertical                 | kN                | 15.41  | 156.16     | 9.87       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 113    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 113    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 260    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 260    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                           |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 23.2                                | 23.2                                | 3.7                                  | 46.9                       | 12.15      | 23.2                                | 7.08       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.3                                  | 16.2                       | 4.19       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | 14.0                                | 14.0                                | 0.1                                  | 28.0                       | 7.27       | 14.0                                | 4.27       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | 28.1                                | 28.1                                | 1.4                                  | 56.2                       | 14.55      | 28.1                                | 8.55       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.8                                 | 20.4                       | 5.29       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | 13.1                                | 13.1                                | 0.1                                  | 26.3                       | 6.80       | 13.1                                | 4.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 25.5                                | 25.5                                | 0.0                                  | 51.0                       | 13.22      | 25.5                                | 7.78       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.2                                 | 17.7                       | 4.58       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | 26.3                                | 26.3                                | 0.0                                  | 52.7                       | 13.65      | 26.3                                | 8.03       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.9                                 | 18.9                       | 4.89       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 10.8                                       | 18.7                          | 4.84          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 10.8                                       | 18.7                          | 4.84          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 24.4                                       | 42.2                          | 10.94         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 12.8                                       | 22.2                          | 5.76          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 81.51  | 176.24     | 46.25      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 116.50 | 481.90     | 24.17      |
|                               | Tracción             | kN       | 24.98  | 228.43     | 10.93      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 31.55  | 169.65     | 18.60      |

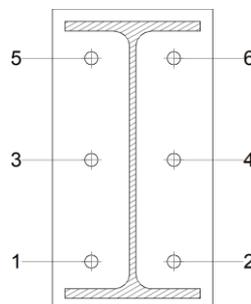
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 44.6                                     | 44.6                                   | 0.1  | 89.2                          | 23.12         | 44.6                                     | 13.60         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 57.7                                     | 57.7                                   | 7.6  | 116.2                         | 30.11         | 57.7                                     | 17.60         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 49.5                                     | 49.5                                   | 0.0  | 98.9                          | 25.64         | 49.5                                     | 15.08         | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos



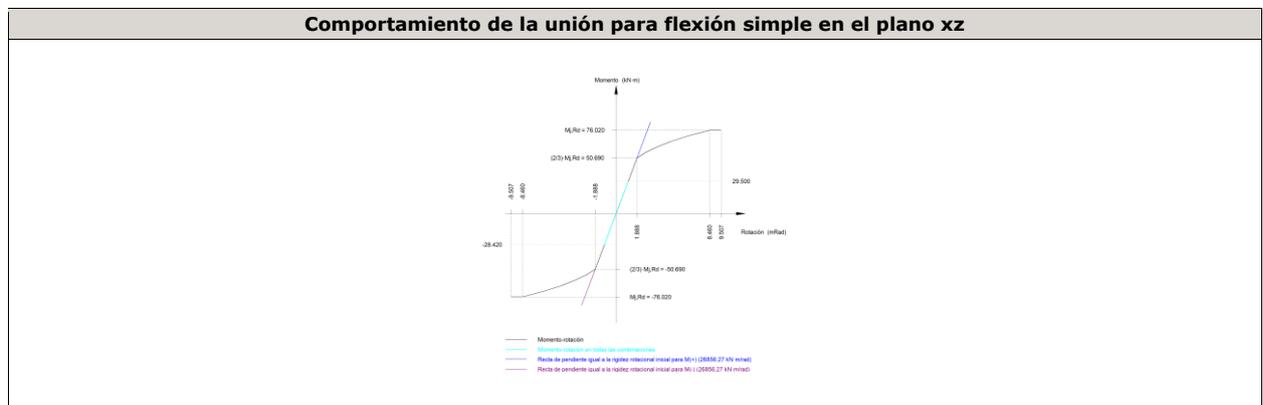
| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |  |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 46            | 121           | 98            | 32.3        |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 46            | 121           | 98            | 32.3        |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 46            | 121           | 98            | 42.0        |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 46            | 121           | 98            | 42.0        |  |

| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 46                     | 121                    | 98                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 46                     | 121                    | 98                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.033       | 64.340          | 7.82       | Vástago       | 41.822      | 90.432          | 46.25      | 37.28   | 46.25           |
|             | Aplastamiento       | 5.033       | 182.927         | 2.75       | Punzonamiento | 41.822      | 219.639         | 19.04      |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 4.020       | 64.340          | 6.25       | Vástago       | 41.549      | 90.432          | 45.94      | 37.07   | 45.94           |
|             | Aplastamiento       | 4.020       | 183.680         | 2.19       | Punzonamiento | 41.549      | 219.639         | 18.92      |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.002       | 64.340          | 7.77       | Vástago       | 29.830      | 90.432          | 32.99      | 27.81   | 32.99           |
|             | Aplastamiento       | 5.002       | 183.680         | 2.72       | Punzonamiento | 29.830      | 219.639         | 13.58      |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.981       | 64.340          | 6.19       | Vástago       | 29.466      | 90.432          | 32.58      | 27.52   | 32.58           |
|             | Aplastamiento       | 3.981       | 183.114         | 2.17       | Punzonamiento | 29.466      | 219.639         | 13.42      |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.290       | 64.340          | 8.22       | Vástago       | 37.351      | 90.432          | 41.30      | 34.59   | 41.30           |
|             | Aplastamiento       | 5.290       | 183.680         | 2.88       | Punzonamiento | 37.351      | 219.639         | 17.01      |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.338       | 64.340          | 6.74       | Vástago       | 37.715      | 90.432          | 41.70      | 34.89   | 41.70           |
|             | Aplastamiento       | 4.338       | 178.203         | 2.43       | Punzonamiento | 37.715      | 219.639         | 17.17      |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 5905.19                | 26856.27               |
| Calculada para momentos negativos | 5905.19                | 26856.27               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78    | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 29.50   | 76.02      | 38.80      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 115.530 | 667        | 17.33      |

3) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 32.83  | 180.86     | 18.15      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 44.40  | 481.90     | 9.21       |
|                               | Tracción             | kN       | 8.69   | 240.95     | 3.61       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 15.43  | 149.26     | 10.34      |

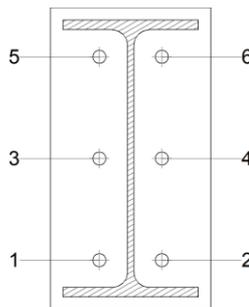
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 20.1                                | 20.1                                | 0.2                                  | 40.2                       | 10.41      | 20.1                                | 6.13       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 24.2                                | 24.2                                | 6.0                                  | 49.6                       | 12.85      | 24.2                                | 7.39       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 19.6                                | 19.6                                | 0.2                                  | 39.2                       | 10.15      | 19.6                                | 5.97       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



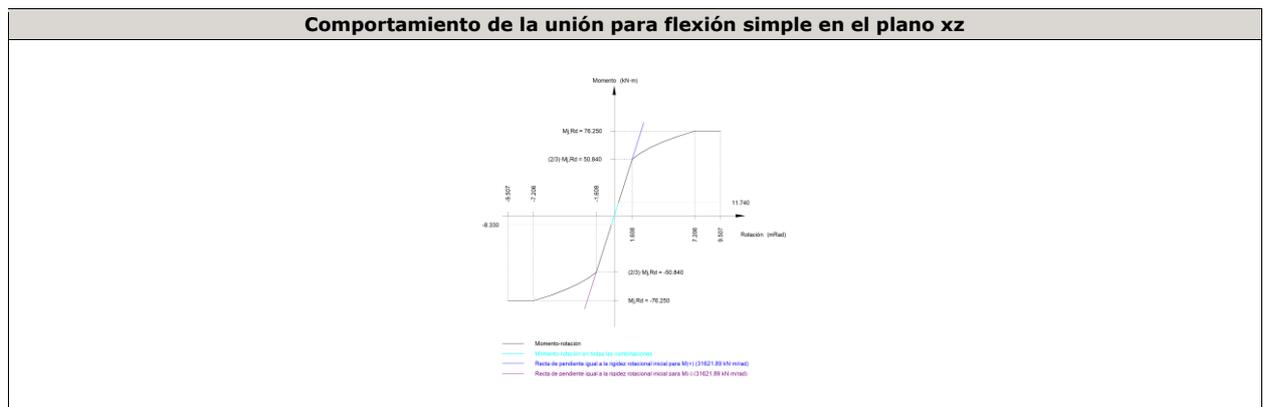
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 6.198       | 50.240          | 12.34      | Vástago       | 10.830      | 90.432          | 11.98      | 12.34                           | 12.34           |
|             | Aplastamiento       | 6.198       | 183.680         | 3.37       | Punzonamiento | 10.830      | 219.639         | 4.93       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 6.641       | 50.240          | 13.22      | Vástago       | 10.491      | 90.432          | 11.60      | 13.22                           | 13.22           |
|             | Aplastamiento       | 6.641       | 183.680         | 3.62       | Punzonamiento | 10.491      | 219.639         | 4.78       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 10.748      | 90.432          | 11.89      | 12.78                           | 12.78           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 10.748      | 219.639         | 4.89       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 10.253      | 90.432          | 11.34      | 12.67                           | 12.67           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 10.253      | 219.639         | 4.67       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 16.417      | 90.432          | 18.15      | 17.26                           | 18.15           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 16.417      | 219.639         | 7.47       |                                 |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.974       | 50.240          | 7.91       | Vástago       | 16.011      | 90.432          | 17.71      | 16.95                           | 17.71           |
|             | Aplastamiento       | 3.974       | 183.680         | 2.16       | Punzonamiento | 16.011      | 219.639         | 7.29       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11191.15            | 31621.89            |
| Calculada para momentos negativos | 11191.15            | 31621.89            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 11.73  | 76.25      | 15.39      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 38.998 | 667        | 5.85       |

d) Medición

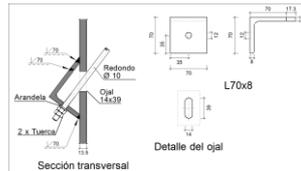
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 4                        | 3230                      |
|                      |           |           | 5                        | 2384                      |
|                      |           |           | 6                        | 3792                      |

| Chapas   |               |          |                                      |           |
|----------|---------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                     | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 352x290x12<br>(81+190+81x146+144x12) | 16.99     |
|          |               | 2        | 352x140x12                           | 9.28      |
|          | Chapas        | 1        | 290x306x8                            | 5.58      |
|          |               | 3        | 190x360x14                           | 22.55     |
|          | Total         |          |                                      |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |  |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|--|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |  |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |  |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |  |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |  |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |  |

1.1.1.17.- Tipo 23

a) Detalle



b) Comprobación

1) L70x8 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 3.59   | 70.16      | 5.11       |
| Flector                            | --       | --     | --         | 26.21      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                             |                            |                         |               |                |                        |            |      |
|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|----------------|------------------------|------------|------|
| Ref.                                     | Tipo                        | Preparación de bordes (mm) |                         | l (mm)        |                |                        |            |      |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple      | 8                          |                         | 70            |                |                        |            |      |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                             |                            |                         |               |                |                        |            |      |
| Comprobación de resistencia              |                             |                            |                         |               |                |                        |            |      |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises        |                            |                         |               | Tensión normal |                        | fu (N/mm²) | βw   |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm²)      | τ <sub>⊥</sub> (N/mm²)     | τ <sub>  </sub> (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm²) |            |      |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede. |                            |                         |               |                |                        | 410.0      | 0.85 |

c) Medición

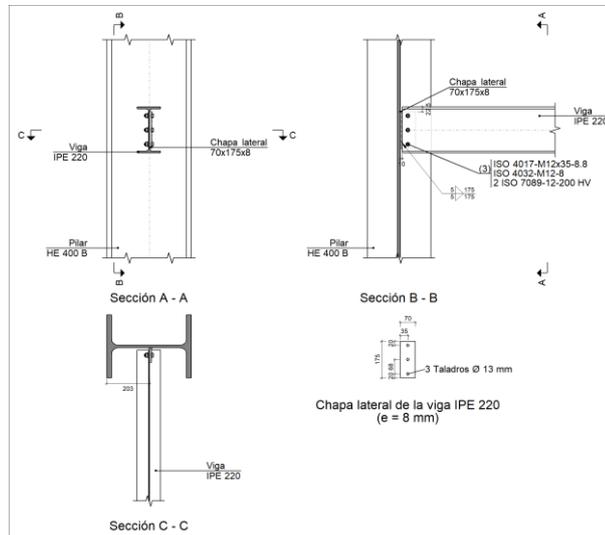
| Soldaduras |           |                        |                          |                           |
|------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| fu (MPa)   | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0      | En taller | A tope en bisel simple | 8                        | 210                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L70x8            | 70            | 0.58      |
|           |                      |                  | Total         | 0.58      |

| Elementos de tornillería no normalizados |          |             |
|--|----------|-------------|
| Tipo                                     | Cantidad | Descripción |
| Tuercas                                  | 2        | T10         |
| Arandelas                                | 1        | A10         |

1.1.1.18.- Tipo 24

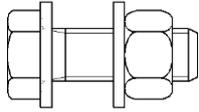
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

|       |             | Perfiles  |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|-------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|       |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | IPE 220     |           | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios   |           |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                       | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|                             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Chapa lateral: Viga IPE 220 |           | 70         | 175        | 8            | 3        | 13            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M12x35-8.8<br>ISO 4032-M12-8<br>2 ISO 7089-12-200 HV |  | M12      | 35            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia |            |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
|                               | Componente | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Viga IPE 220                  | Alma       | Punzonamiento                    | kN       | 48.55  | 972.39     | 4.99       |
|                               |            | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 48.55  | 261.44     | 18.57      |

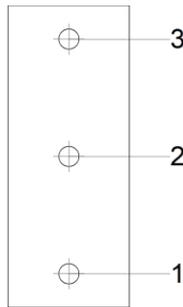
2) Viga IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.06       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 13.38      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 30.70  | 241.98     | 12.69      |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 16.29  | 70.64      | 23.06      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 48.55  | 164.52     | 29.51      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 16.29  | 37.22      | 43.77      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 48.55  | 173.02     | 28.06      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |                            |           |            |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|------------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |                            |           |            |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | En ángulo                             | 5                                   | 175                                     | 8.0                        | 90.00           |                                       |                            |           |            |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |                            |           |            |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |                            |           |            |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            | Tensión normal  |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |            |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           | Aprov. (%) |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | 19.6                                  | 19.6                                | 0.2                                     | 39.2                       | 10.17           | 19.6                                  | 5.98                       | 410.0     | 0.85       |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                   | 20                     | 25                     | 68                     | --                     | 19.5      |
| 2           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                   | --                     | 25                     | 68                     | --                     | 35.0      |
| 3           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                   | 20                     | 25                     | 68                     | --                     | 19.5      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 16.289      | 26.976          | 60.38      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 60.38                           | 60.38           |
|             | Aplastamiento       | 16.289      | 70.641          | 23.06      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 16.183      | 26.976          | 59.99      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 59.99                           | 59.99           |
|             | Aplastamiento       | 16.183      | 70.647          | 22.91      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 16.078      | 26.976          | 59.60      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 59.60                           | 59.60           |
|             | Aplastamiento       | 16.078      | 70.647          | 22.76      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |

d) Medición

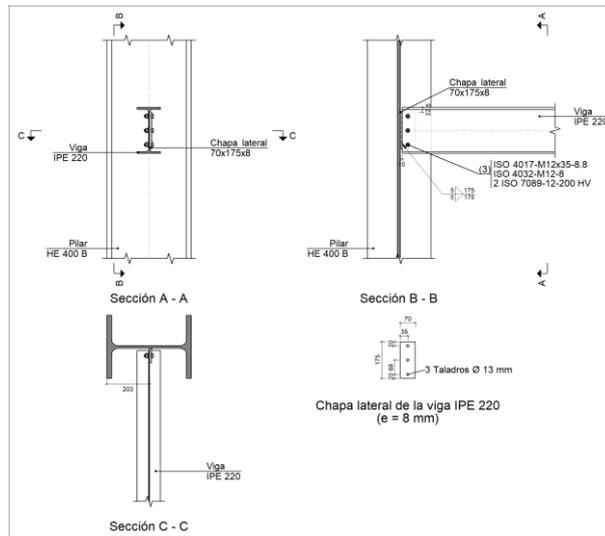
| Soldaduras              |           |           |                             |                              |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller | En ángulo | 5                           | 350                          |

| Chapas   |        |          |                     |              |
|----------|--------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 70x175x8            | 0.77         |
|          |        |          |                     | Total        |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 3        | ISO 4017-M12x35 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 3        | ISO 4032-M12    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 6        | ISO 7089-12     |

1.1.1.19.- Tipo 25

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 220     |           | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios   |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga IPE 220 |           | 70         | 175        | 8            | 3        | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |           |          |               |       |             |             |  |
|---|-----------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|--|
| Descripción   | Geometría |          |               | Clase | Acero       |             |  |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |  |
| ISO 4017-M12x35-8.8<br>ISO 4032-M12-8<br>2 ISO 7089-12-200 HV |           | M12      | 35            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |  |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia |                                  |          |        |            |            |  |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|--|
| Componente                    | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |  |
| Viga IPE 220                  | Punzonamiento                    | kN       | 48.52  | 972.39     | 4.99       |  |
|                               | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 48.52  | 261.44     | 18.56      |  |

2) Viga IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.06       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 13.37      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 30.72  | 241.98     | 12.69      |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 16.28  | 70.64      | 23.05      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 48.52  | 164.52     | 29.49      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 16.28  | 37.22      | 43.75      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 48.52  | 173.02     | 28.04      |

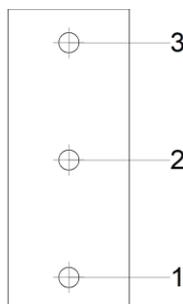
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                   |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | En ángulo | 5      | 175    | 8.0    | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia                  |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | 19.6                                | 19.6                                | 0.2                                  | 39.2                       | 10.16      | 19.6                                | 5.98       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                | 20                  | 25                  | 68                  | --                  | 19.5   |  |
| 2           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                | --                  | 25                  | 68                  | --                  | 35.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                | 20                  | 25                  | 68                  | --                  | 19.5   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 16.280      | 26.976          | 60.35      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 60.35                           | 60.35           |
|             | Aplastamiento       | 16.280      | 70.641          | 23.05      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 16.174      | 26.976          | 59.96      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 59.96                           | 59.96           |
|             | Aplastamiento       | 16.174      | 70.647          | 22.89      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 16.069      | 26.976          | 59.57      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 59.57                           | 59.57           |
|             | Aplastamiento       | 16.069      | 70.647          | 22.74      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |

d) Medición

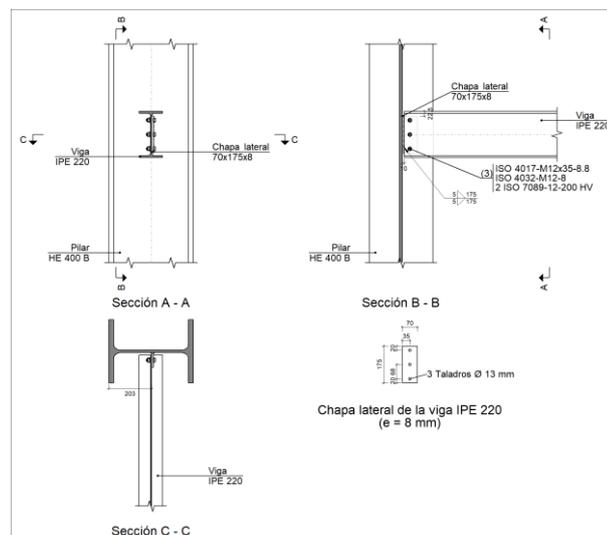
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 5                        | 350                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 70x175x8         | 0.77      |
|          | Total  |          |                  | 0.77      |

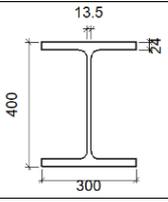
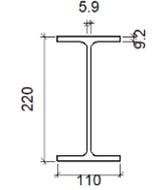
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 3        | ISO 4017-M12x35 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 3        | ISO 4032-M12    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 6        | ISO 7089-12     |

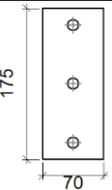
1.1.1.20.- Tipo 26

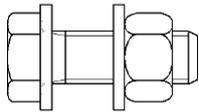
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |  | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 220     |  | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios   |  |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|--|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Esquema  | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             |  | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga IPE 220 |  | 70         | 175        | 8            | 3        | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M12x35-8.8<br>ISO 4032-M12-8<br>2 ISO 7089-12-200 HV |  | M12      | 35            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia |            |                                  |               |        |            |            |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|---------------|--------|------------|------------|
| Viga IPE 220                  | Componente | Comprobación                     | Unidades      | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|                               | Alma       |                                  | Punzonamiento | kN     | 44.09      | 972.39     |
|                               |            | Flexión por fuerza perpendicular | kN            | 44.09  | 261.44     | 16.86      |

2) Viga IPE 220

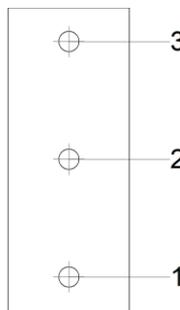
| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.06       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 12.16      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 22.09  | 241.98     | 9.13       |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 14.80  | 70.64      | 20.95      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 44.09  | 164.52     | 26.80      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 14.80  | 37.22      | 39.77      |

|  |          |    |       |        |       |
|--|----------|----|-------|--------|-------|
|  | Desgarro | kN | 44.09 | 173.02 | 25.48 |
|--|----------|----|-------|--------|-------|

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | En ángulo                           | 5                                   | 175                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | 17.8                                | 17.8                                | 0.2                                  | 35.6                       | 9.23            | 17.8                                | 5.43       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                | 20                  | 25                  | 68                  | --                  | 19.5   |
| 2           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                | --                  | 25                  | 68                  | --                  | 35.0   |
| 3           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                | 20                  | 25                  | 68                  | --                  | 19.5   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 14.803      | 26.976          | 54.87      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 54.87                           | 54.87           |
|             | Aplastamiento       | 14.803      | 70.639          | 20.96      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 14.697      | 26.976          | 54.48      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 54.48                           | 54.48           |
|             | Aplastamiento       | 14.697      | 70.647          | 20.80      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 14.591      | 26.976          | 54.09      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 54.09                           | 54.09           |
|             | Aplastamiento       | 14.591      | 70.647          | 20.65      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |                                 |                 |

d) Medición

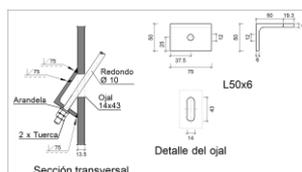
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 5                        | 350                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 70x175x8         | 0.77      |
|          | Total  |          |                  | 0.77      |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 3        | ISO 4017-M12x35 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 3        | ISO 4032-M12    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 6        | ISO 7089-12     |

1.1.1.21.- Tipo 27

a) Detalle



b) Comprobación

1) L50x6 (S275)

| Comprobación                       | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Cortante de la sección transversal | kN       | 8.15   | 57.16      | 14.27      |
| Flector                            | --       | --     | --         | 64.58      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas               |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |  |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|--|
| Ref.                                     | Tipo                                  | Preparación de bordes (mm)          | l (mm)                           |                            |            |                                       |            |                            |           |  |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | A tope en bisel simple                | 6                                   | 75                               |                            |            |                                       |            |                            |           |  |
| <i>l: Longitud efectiva</i>              |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |  |
| Comprobación de resistencia              |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |  |
| Ref.                                     | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |  |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |  |
| Soldaduras a tope del angular a la pieza | La comprobación no procede.           |                                     |                                  |                            |            |                                       | 410.0      | 0.85                       |           |  |

c) Medición

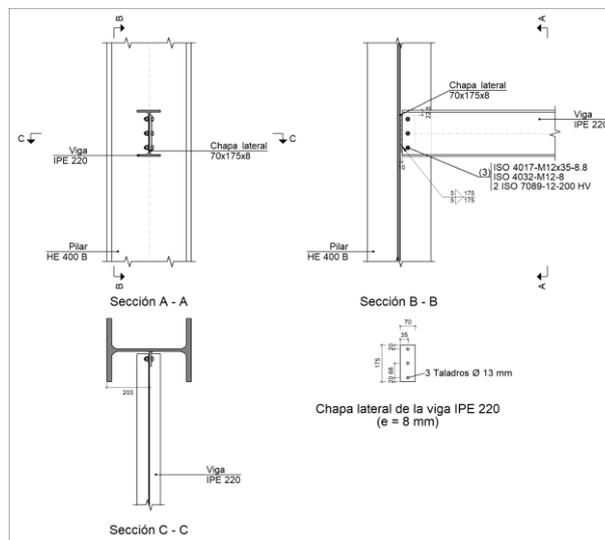
| Soldaduras  |           |                        |                          |                           |
|-------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | A tope en bisel simple | 6                        | 225                       |

| Angulares |                      |                  |               |           |
|-----------|----------------------|------------------|---------------|-----------|
| Material  | Tipo                 | Descripción (mm) | Longitud (mm) | Peso (kg) |
| S275      | Anclajes de tirantes | L50x6            | 75            | 0.33      |
|           |                      |                  |               | Total     |

| Elementos de tornillería no normalizados |          |             |  |
|--|----------|-------------|--|
| Tipo                                     | Cantidad | Descripción |  |
| Tuercas                                  | 2        | T10         |  |
| Arandelas                                | 1        | A10         |  |

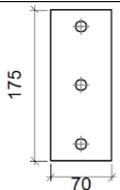
1.1.1.22.- Tipo 28

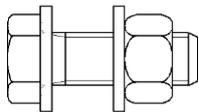
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 220     |           | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios   |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga IPE 220 |  | 70         | 175        | 8            | 3        | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M12x35-8.8<br>ISO 4032-M12-8<br>2 ISO 7089-12-200 HV |  | M12      | 35            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia |            |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
|                               | Componente | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Viga IPE 220                  | Alma       | Punzonamiento                    | kN       | 44.08  | 972.39     | 4.53       |
|                               |            | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 44.08  | 261.44     | 16.86      |

2) Viga IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.06       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 12.16      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 22.09  | 241.98     | 9.13       |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 14.80  | 70.64      | 20.95      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 44.08  | 164.52     | 26.79      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 14.80  | 37.22      | 39.76      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 44.08  | 173.02     | 25.48      |

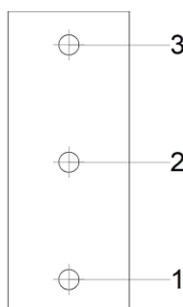
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                   |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | En ángulo | 5      | 175    | 8.0    | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia                  |                                       |                                     |                                  |                            |                |                                       |                            |           |            |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |            |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           | Aprov. (%) |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | 17.8                                  | 17.8                                | 0.2                              | 35.6                       | 9.23           | 17.8                                  | 5.43                       | 410.0     | 0.85       |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                   | 20                     | 25                     | 68                     | --                     | 19.5      |
| 2           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                   | --                     | 25                     | 68                     | --                     | 35.0      |
| 3           | ISO 4017-M12x35-8.8 | 13.0                   | 20                     | 25                     | 68                     | --                     | 19.5      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 14.799      | 26.976          | 54.86      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 54.86   | 54.86           |
|             | Aplastamiento       | 14.799      | 70.639          | 20.95      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 14.694      | 26.976          | 54.47      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 54.47   | 54.47           |
|             | Aplastamiento       | 14.694      | 70.647          | 20.80      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 14.588      | 26.976          | 54.08      | Vástago       | 0.000       | 48.557          | 0.00       | 54.08   | 54.08           |
|             | Aplastamiento       | 14.588      | 70.647          | 20.65      | Punzonamiento | 0.000       | 69.362          | 0.00       |   |                 |

d) Medición

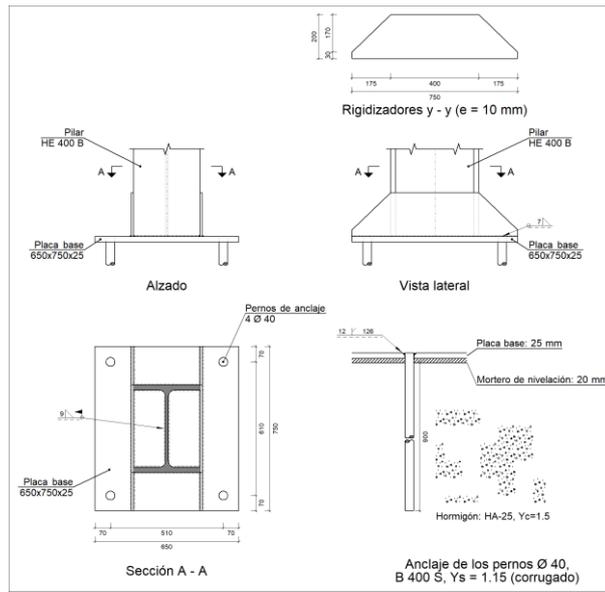
| Soldaduras              |           |           |                             |                              |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller | En ángulo | 5                           | 350                          |

| Chapas   |        |          |                     |              |
|----------|--------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 70x175x8            | 0.77         |
|          |        |          |                     | Total        |

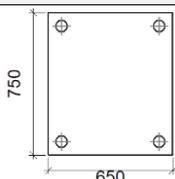
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 3        | ISO 4017-M12x35 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 3        | ISO 4032-M12    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 6        | ISO 7089-12     |

1.1.1.23.- Tipo 29

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |   |            |            |              |          |                        |                        |            |       |                      |                      |  |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|----------------------|----------------------|--|
| Pieza                     | Geometría   |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |            | Acero |                      |                      |  |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |  |
| Placa base                |   | 650        | 750        | 25           | 4        | 64                     | 42                     | 12         | S275  | 275.0                | 410.0                |  |
| Rigidizador               |  | 750        | 200        | 10           | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0                | 410.0                |  |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |                                     |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                           | 9                                   | 1661                                 | 13.5                       | 90.00           |                                     |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal  |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                 |                                     | 410.0                               | 0.85           |

2) Placa de anclaje

| Referencia:   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores   | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 120 mm<br>Calculado: 510 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 60 mm<br>Calculado: 70 mm   | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 46   | Cumple                               |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 46 cm<br>Calculado: 90 cm   | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br><br>- Cortante:<br><br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 307.72 kN<br>Calculado: 273.23 kN<br><br>Máximo: 215.4 kN<br>Calculado: 18.27 kN<br><br>Máximo: 307.72 kN<br>Calculado: 299.33 kN | Cumple<br><br>Cumple<br><br>Cumple   |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 403.2 kN<br>Calculado: 255.7 kN   | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 204.581 MPa   | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 523.81 kN<br>Calculado: 17.05 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 228.296 MPa<br>Calculado: 228.296 MPa<br>Calculado: 177.115 MPa<br>Calculado: 193.313 MPa               | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br>Calculado: 1148.15<br>Calculado: 1148.15<br>Calculado: 5459.12<br>Calculado: 4980.37                                       | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 0 MPa   | Cumple                               |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |                                      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                        |        |                            |        |        |                 |
|--|------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|-----------------|
| Ref.   | Tipo                   | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base                        | En ángulo              | 7      | --                         | 750    | 10.0   | 90.00           |
| Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base                         | En ángulo              | 7      | --                         | 750    | 10.0   | 90.00           |
| Soldadura de los pernos a la placa base                                      | De penetración parcial | --     | 12                         | 126    | 25.0   | 90.00           |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                        |        |                            |        |        |                 |

| Comprobación de resistencia                           |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|---|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede.              |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |
| Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base  | La comprobación no procede.              |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de los pernos a la placa base               | 0.0                                      | 0.0                                    | 203.5                                      | 352.4                         | 91.33         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

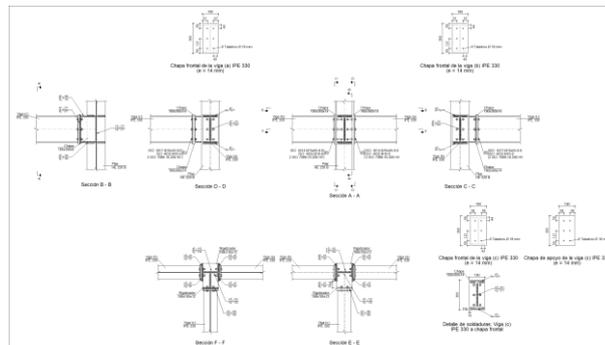
d) Medición

| Soldaduras     |                        |   |                             |                              |
|----------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller              | En ángulo                                       | 7                           | 2904                         |
|                |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 12                          | 503                          |
|                | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 9                           | 1661                         |

| Placas de anclaje                 |                        |          |                            |              |
|-----------------------------------|------------------------|----------|----------------------------|--------------|
| Material                          | Elementos              | Cantidad | Dimensiones<br>(mm)        | Peso<br>(kg) |
| S275                              | Placa base             | 1        | 650x750x25                 | 95.67        |
|                                   | Rigidizadores pasantes | 2        | 750/400x200/30x10          | 18.88        |
|                                   | Total                  |          |                            | 114.55       |
| B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado) | Pernos de anclaje      | 4        | $\varnothing 40 - L = 985$ | 38.87        |
|                                   | Total                  |          |                            | 38.87        |

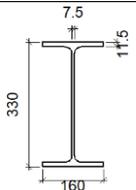
1.1.1.24.- Tipo 31

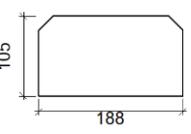
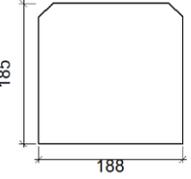
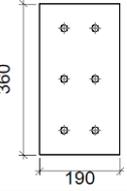
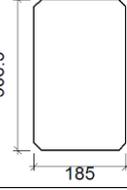
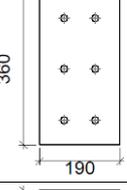
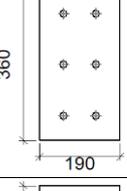
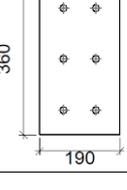
a) Detalle

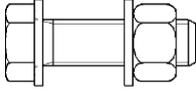
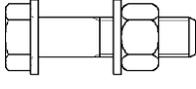


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                     |                       |                         |                          |       |                |                |
|----------|-------------|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------------|----------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                     |                       |                         |                          | Acero |                |                |
|          |             | Esquema   | Canto total<br>(mm) | Ancho del ala<br>(mm) | Espesor del ala<br>(mm) | Espesor del alma<br>(mm) | Tipo  | $f_y$<br>(MPa) | $f_u$<br>(MPa) |
| Pilar    | HE 220 B    |           | 220                 | 220                   | 16                      | 9.5                      | S275  | 275.0          | 410.0          |

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 188        | 105        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |   | 188        | 185        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 185        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbitez                        | --                   | --     | --         | 30.58      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 87.37  | 427.29     | 20.45      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 22.58  | 261.90     | 8.62       |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 18.89  | 261.90     | 7.21       |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 81.03  | 261.90     | 30.94      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 69.90  | 261.90     | 26.69      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 94.61  | 187.50     | 50.46      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 80.28  | 261.90     | 30.65      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 41.19  | 261.90     | 15.73      |       |
| Viga (b) IPE 330                  | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 42.28      | 180.86     | 23.37 |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 8.97       | 255.89     | 3.51  |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | Tracción             | kN     | 24.33      | 142.89     | 17.03 |
|                                   | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 41.28      | 180.86     | 22.83 |
| Viga (c) IPE 330                  | Ala                            | Tracción             | kN     | 8.76       | 255.89     | 3.42  |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 23.76      | 142.89     | 16.63 |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 18.66      | 251.43     | 7.42  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 70.37      | 180.86     | 38.91 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 33.05      | 156.16     | 21.16 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 155                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 155                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 15.5                                | 15.5                                | 0.1                                  | 31.1                       | 8.05            | 15.5                                | 4.73       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 19.6                                 | 33.9                       | 8.78            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 13.3                                | 13.3                                | 0.4                                  | 26.7                       | 6.92            | 13.4                                | 4.07       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 15.7                                 | 27.3                       | 7.06            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 3.7                                 | 3.7                                 | 46.7                                 | 81.2                       | 21.04           | 17.2                                | 5.24       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 18.5                                 | 32.0                       | 8.30            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 30.8                                | 30.8                                | 0.1                                  | 61.6                       | 15.97           | 30.8                                | 9.40       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 1.8                                 | 1.8                                 | 40.3                                 | 70.0                       | 18.13           | 13.0                                | 3.95       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 18.4                                 | 31.9                       | 8.26            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 25.7                                | 25.7                                | 0.1                                  | 51.4                       | 13.33           | 25.7                                | 7.84       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.5                                 | 18.2                       | 4.72            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.5                                 | 18.2                       | 4.72            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 76.3                                 | 132.2                      | 34.25           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 64.5                                 | 111.7                      | 28.93           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

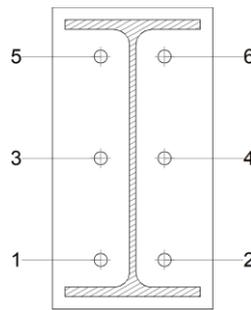
2) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 42.28  | 180.86     | 23.37      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 57.81  | 481.90     | 12.00      |
|                               | Tracción             | kN       | 11.33  | 240.95     | 4.70       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 19.61  | 151.81     | 12.92      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 4                                   | 271                                  | 7.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | 25.7                                | 25.7                                | 0.0                                  | 51.3                       | 13.30           | 25.7                                | 7.82       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 30.7                                | 30.7                                | 15.1                                 | 66.6                       | 17.27           | 30.7                                | 9.34       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 21.1                                | 21.1                                | 0.2                                  | 42.2                       | 10.93           | 21.1                                | 6.43       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

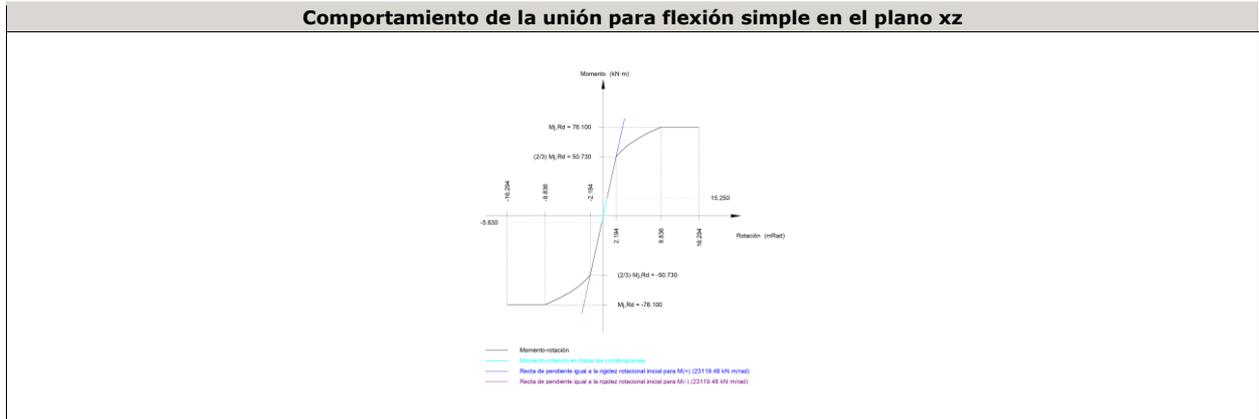


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 7.732       | 64.340          | 12.02      | Vástago       | 7.642       | 90.432          | 8.45       | 12.90                           | 12.90           |
|             | Aplastamiento       | 7.732       | 183.680         | 4.21       | Punzonamiento | 7.642       | 219.639         | 3.48       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 7.991       | 64.340          | 12.42      | Vástago       | 8.974       | 90.432          | 9.92       | 12.77                           | 12.77           |
|             | Aplastamiento       | 7.991       | 183.680         | 4.35       | Punzonamiento | 8.974       | 219.639         | 4.09       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 7.732       | 64.340          | 12.02      | Vástago       | 13.511      | 90.432          | 14.94      | 20.72                           | 20.72           |
|             | Aplastamiento       | 7.732       | 183.680         | 4.21       | Punzonamiento | 13.511      | 219.639         | 6.15       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 7.732       | 64.340          | 12.02      | Vástago       | 13.884      | 90.432          | 15.35      | 20.58                           | 20.58           |
|             | Aplastamiento       | 7.732       | 183.680         | 4.21       | Punzonamiento | 13.884      | 219.639         | 6.32       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 9.478       | 64.340          | 14.73      | Vástago       | 20.835      | 90.432          | 23.04      | 25.38                           | 25.38           |
|             | Aplastamiento       | 9.478       | 183.680         | 5.16       | Punzonamiento | 20.835      | 219.639         | 9.49       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 7.732       | 64.340          | 12.02      | Vástago       | 21.138      | 90.432          | 23.37      | 25.28                           | 25.28           |
|             | Aplastamiento       | 7.732       | 183.680         | 4.21       | Punzonamiento | 21.138      | 219.639         | 9.62       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11376.55               | 23119.48               |
| Calculada para momentos negativos | 11376.55               | 23119.48               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16   | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 15.25  | 76.10      | 20.05      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 40.495 | 667        | 6.07       |

3) Viga (a) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 41.28  | 180.86     | 22.83      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 57.53  | 481.90     | 11.94      |
|               | Tracción             | kN       | 11.07  | 240.95     | 4.59       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 19.15  | 151.81     | 12.61      |

**Cordones de soldadura**

**Comprobaciones geométricas**

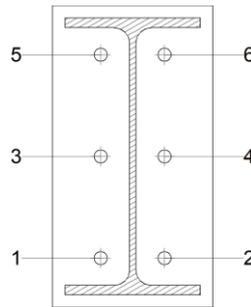
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 25.1                                | 25.1                                | 0.0                                  | 50.1                       | 12.99      | 25.1                                | 7.64       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 29.9                                | 29.9                                | 15.1                                 | 65.3                       | 16.92      | 29.9                                | 9.13       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 21.1                                | 21.1                                | 0.2                                  | 42.1                       | 10.92      | 21.1                                | 6.42       | 410.0                               | 0.85           |

**Comprobaciones para los tornillos**

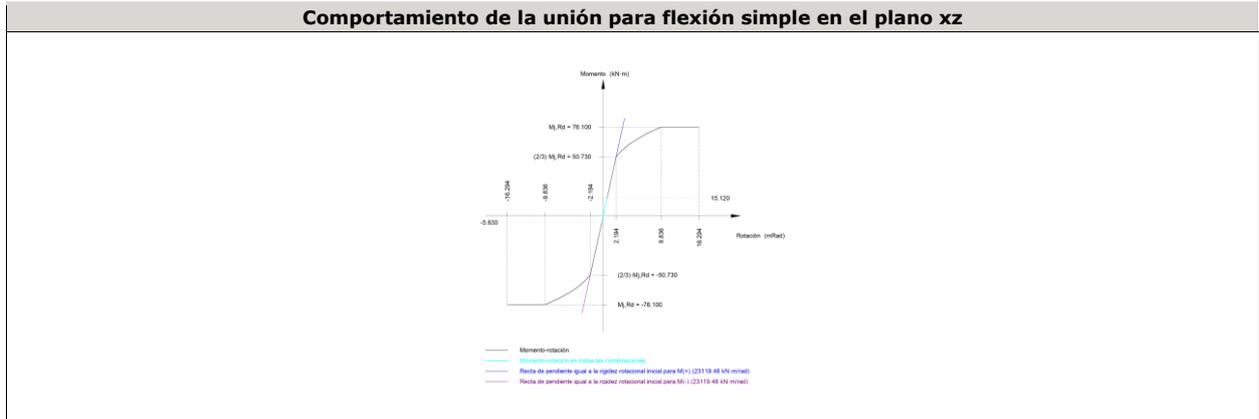


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 12.319      | 64.340          | 19.15      | Vástago       | 8.978       | 90.432          | 9.93       | 19.15                           | 19.15           |
|             | Aplastamiento       | 12.319      | 183.680         | 6.71       | Punzonamiento | 8.978       | 219.639         | 4.09       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 7.710       | 64.340          | 11.98      | Vástago       | 7.645       | 90.432          | 8.45       | 12.93                           | 12.93           |
|             | Aplastamiento       | 7.710       | 183.680         | 4.20       | Punzonamiento | 7.645       | 219.639         | 3.48       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 7.710       | 64.340          | 11.98      | Vástago       | 13.390      | 90.432          | 14.81      | 20.42                           | 20.42           |
|             | Aplastamiento       | 7.710       | 183.680         | 4.20       | Punzonamiento | 13.390      | 219.639         | 6.10       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 7.710       | 64.340          | 11.98      | Vástago       | 13.481      | 90.432          | 14.91      | 20.56                           | 20.56           |
|             | Aplastamiento       | 7.710       | 183.680         | 4.20       | Punzonamiento | 13.481      | 219.639         | 6.14       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 7.710       | 64.340          | 11.98      | Vástago       | 20.569      | 90.432          | 22.74      | 25.05                           | 25.05           |
|             | Aplastamiento       | 7.710       | 183.680         | 4.20       | Punzonamiento | 20.569      | 219.639         | 9.36       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 9.477       | 64.340          | 14.73      | Vástago       | 20.642      | 90.432          | 22.83      | 25.15                           | 25.15           |
|             | Aplastamiento       | 9.477       | 183.680         | 5.16       | Punzonamiento | 20.642      | 219.639         | 9.40       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11376.55               | 23119.48               |
| Calculada para momentos negativos | 11376.55               | 23119.48               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16   | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 15.12  | 76.10      | 19.87      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 40.134 | 667        | 6.02       |

4) Viga (c) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 70.37  | 180.86     | 38.91      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 96.91  | 481.90     | 20.11      |
|               | Tracción             | kN       | 18.64  | 240.95     | 7.74       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 33.09  | 149.26     | 22.17      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

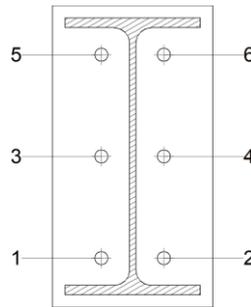
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 42.7                                | 42.7                                | 0.0                                  | 85.4                       | 22.14      | 42.7                                | 13.02      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 51.9                                | 51.9                                | 8.9                                  | 105.0                      | 27.22      | 51.9                                | 15.84      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 36.3                                | 36.3                                | 0.1                                  | 72.5                       | 18.80      | 36.3                                | 11.06      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

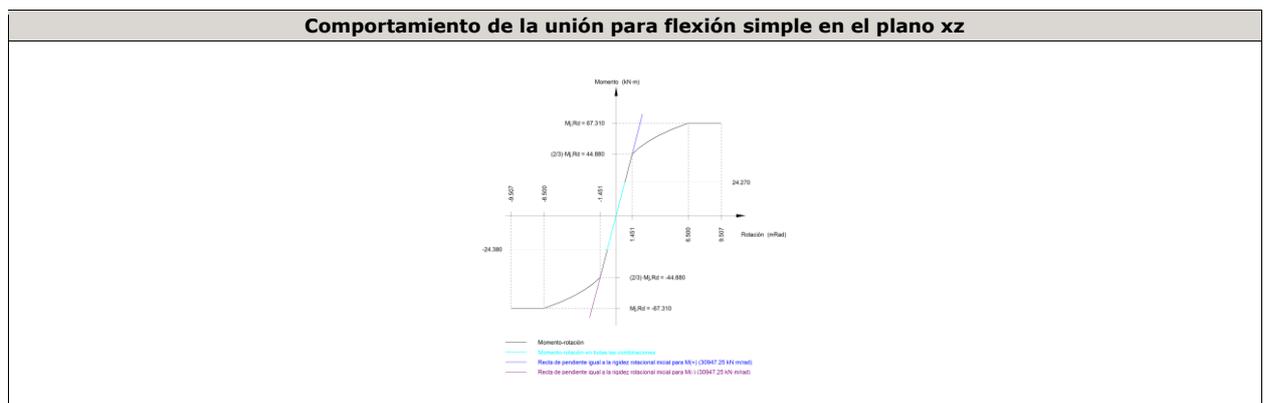


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.541       | 50.240          | 7.05       | Vástago       | 29.876      | 90.432          | 33.04      | 29.21                           | 33.04           |
|             | Aplastamiento       | 3.541       | 183.680         | 1.93       | Punzonamiento | 29.876      | 219.639         | 13.60      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 4.393       | 50.240          | 8.74       | Vástago       | 29.841      | 90.432          | 33.00      | 29.17                           | 33.00           |
|             | Aplastamiento       | 4.393       | 183.680         | 2.39       | Punzonamiento | 29.841      | 219.639         | 13.59      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.490       | 50.240          | 6.95       | Vástago       | 22.908      | 90.432          | 25.33      | 24.54                           | 25.33           |
|             | Aplastamiento       | 3.490       | 183.680         | 1.90       | Punzonamiento | 22.908      | 219.639         | 10.43      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.352       | 50.240          | 8.66       | Vástago       | 22.943      | 90.432          | 25.37      | 24.57                           | 25.37           |
|             | Aplastamiento       | 4.352       | 183.680         | 2.37       | Punzonamiento | 22.943      | 219.639         | 10.45      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.988       | 50.240          | 7.94       | Vástago       | 35.130      | 90.432          | 38.85      | 34.19                           | 38.85           |
|             | Aplastamiento       | 3.988       | 183.680         | 2.17       | Punzonamiento | 35.130      | 219.639         | 15.99      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.761       | 50.240          | 9.48       | Vástago       | 35.183      | 90.432          | 38.91      | 34.24                           | 38.91           |
|             | Aplastamiento       | 4.761       | 183.680         | 2.59       | Punzonamiento | 35.183      | 219.639         | 16.02      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11529.44            | 30947.25            |
| Calculada para momentos negativos | 11529.44            | 30947.25            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 24.38  | 67.31      | 36.22      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 82.873 | 667        | 12.43      |

d) Medición

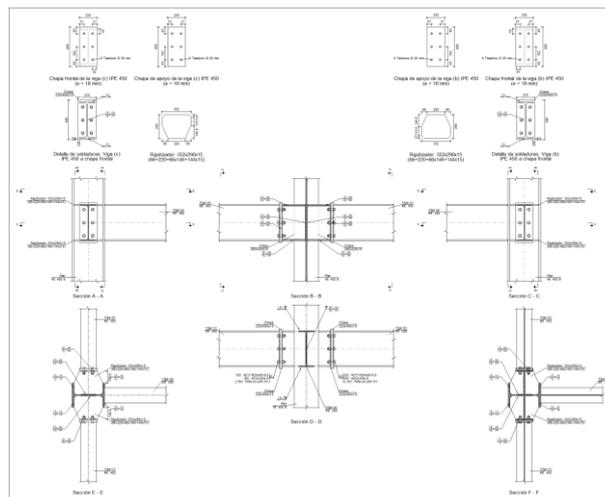
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 4568                      |
|             |           |           | 6                        | 3951                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 188x105x12       | 3.72      |
|          |               | 2        | 188x185x12       | 6.55      |
|          | Chapas        | 1        | 185x306x8        | 3.56      |
|          |               | 4        | 190x360x14       | 30.07     |
|          | Total         |          |                  |           |

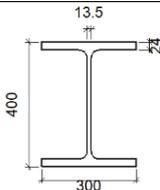
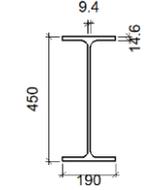
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 18       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 36       | ISO 7089-16     |

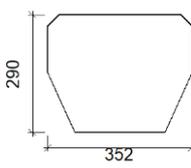
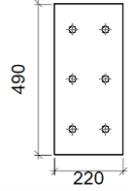
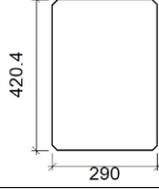
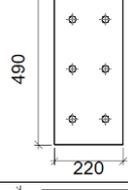
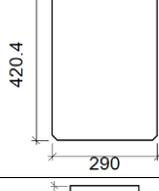
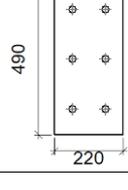
1.1.1.25.- Tipo 32

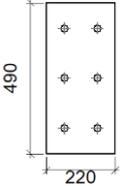
a) Detalle

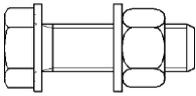


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |  | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 450     |  | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 352        | 290        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 450 |  | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 450 |  | 290        | 420.4      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 450 |  | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 450 |  | 290        | 420.4      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 450            |  | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios       |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|---------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                           | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|                                 | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 450 |  | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero                |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M24x80-8.8<br>ISO 4032-M24-8<br>2 ISO 7089-24-200 HV |  | M24      | 80            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 40.29      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 725.80 | 827.48     | 87.71      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 183.89 | 261.90     | 70.21      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 184.40 | 261.90     | 70.41      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 183.89 | 261.90     | 70.21      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 184.40 | 261.90     | 70.41      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 450] | Cortante                       | kN                   | 84.81  | 393.15     | 21.57      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 450] | Cortante                       | kN                   | 84.80  | 393.15     | 21.57      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 51.30  | 261.90     | 19.59      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 66.52  | 261.90     | 25.40      |       |
| Viga (c) IPE 450                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 12.60      | 373.21     | 3.38  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 48.72      | 347.09     | 14.04 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 23.52      | 295.57     | 7.96  |
| Viga (b) IPE 450                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 12.60      | 373.21     | 3.38  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 48.71      | 347.09     | 14.03 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 23.52      | 295.57     | 7.96  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
 l: Longitud efectiva  
 t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 135.6                               | 135.6                               | 26.2                                 | 274.9                      | 71.24      | 135.6                               | 41.33      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 64.0                                 | 110.8                      | 28.71      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 14.4                                | 14.4                                | 0.1                                  | 28.9                       | 7.48       | 14.4                                | 4.40       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 135.6                               | 135.6                               | 27.5                                 | 275.3                      | 71.35      | 135.6                               | 41.34      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 64.0                                 | 110.9                      | 28.73      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 16.5                                | 16.5                                | 0.0                                  | 33.0                       | 8.55       | 16.5                                | 5.03       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 135.6                               | 135.6                               | 26.2                                 | 274.9                      | 71.24      | 135.6                               | 41.33      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 64.0                                 | 110.8                      | 28.71      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 14.4                                | 14.4                                | 0.1                                  | 28.9                       | 7.48       | 14.4                                | 4.40       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 135.6                               | 135.6                               | 27.5                                 | 275.3                      | 71.35      | 135.6                               | 41.34      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 64.0                                 | 110.9                      | 28.73      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 16.5                                | 16.5                                | 0.0                                  | 33.0                       | 8.55       | 16.5                                | 5.03       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.3                                 | 23.0                       | 5.97       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.3                                 | 23.0                       | 5.97       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 40.8                                 | 70.6                       | 18.30      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 14.6                                 | 25.3                       | 6.57       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.3                                 | 23.0                       | 5.97       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.3                                 | 23.0                       | 5.97       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 40.8                                 | 70.6                       | 18.30      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 14.6                                 | 25.3                       | 6.57       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 450

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
 l: Longitud efectiva  
 t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 165.1                                    | 165.1                                  | 0.0  | 330.2                         | 85.56         | 165.1                                    | 50.33         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 136.8                                    | 136.8                                  | 24.4                                       | 276.9                         | 71.77         | 136.8                                    | 41.72         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 165.1                                    | 165.1                                  | 0.0  | 330.2                         | 85.56         | 165.1                                    | 50.33         | 410.0                         | 0.85      |

3) Viga (c) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 48.72  | 346.44     | 14.06      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 69.97  | 726.52     | 9.63       |
|                               | Tracción             | kN       | 12.63  | 363.26     | 3.48       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 23.46  | 281.61     | 8.33       |

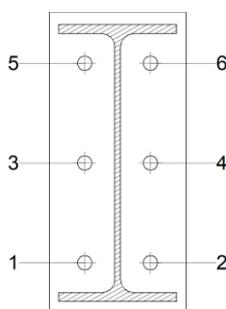
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 190       | 14.6      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5         | 379       | 9.4       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 190       | 14.6      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 21.3                                     | 21.3                                   | 0.1  | 42.6                          | 11.04         | 21.3                                     | 6.49          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 19.1                                     | 19.1                                   | 11.0                                       | 42.6                          | 11.04         | 19.1                                     | 5.82          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 20.5                                     | 20.5                                   | 0.1  | 41.0                          | 10.62         | 20.5                                     | 6.25          | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos



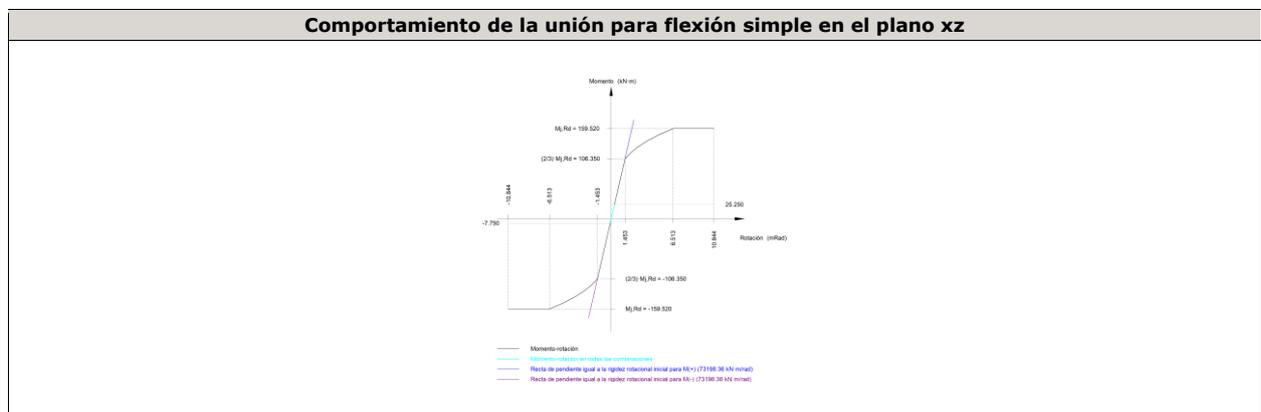
| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |  |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0          | --            | 57            | 162           | 106           | 48.0        |  |
| 2           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0          | --            | 57            | 162           | 106           | 48.0        |  |
| 3           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0          | --            | 57            | 162           | 106           | 48.0        |  |
| 4           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0          | --            | 57            | 162           | 106           | 48.0        |  |
| 5           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0          | --            | 57            | 162           | 106           | 48.0        |  |

| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 6           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 41.540      | 112.960         | 36.77      | Vástago       | 12.361      | 203.328         | 6.08       | 36.77   | 36.77           |
|             | Aplastamiento       | 41.540      | 354.240         | 11.73      | Punzonamiento | 12.361      | 420.390         | 2.94       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 12.187      | 112.960         | 10.79      | Vástago       | 10.678      | 203.328         | 5.25       | 10.79   | 10.79           |
|             | Aplastamiento       | 12.187      | 354.240         | 3.44       | Punzonamiento | 10.678      | 420.390         | 2.54       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.924       | 112.960         | 6.13       | Vástago       | 15.894      | 203.328         | 7.82       | 11.70   | 11.70           |
|             | Aplastamiento       | 6.924       | 354.240         | 1.95       | Punzonamiento | 15.894      | 420.390         | 3.78       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.904       | 112.960         | 6.11       | Vástago       | 17.518      | 203.328         | 8.62       | 12.27   | 12.27           |
|             | Aplastamiento       | 6.904       | 354.230         | 1.95       | Punzonamiento | 17.518      | 420.390         | 4.17       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 6.925       | 112.960         | 6.13       | Vástago       | 27.177      | 203.328         | 13.37      | 15.68   | 15.68           |
|             | Aplastamiento       | 6.925       | 354.240         | 1.95       | Punzonamiento | 27.177      | 420.390         | 6.46       |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 8.941       | 112.960         | 7.92       | Vástago       | 28.593      | 203.328         | 14.06      | 16.16   | 16.16           |
|             | Aplastamiento       | 8.941       | 354.240         | 2.52       | Punzonamiento | 28.593      | 420.390         | 6.80       |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10663.86               | 73198.36               |
| Calculada para momentos negativos | 10663.86               | 73198.36               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31   | 1.80       | 72.84      |
| Momento resistente         | kNm      | 25.25  | 159.52     | 15.83      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 31.809 | 667        | 4.77       |

4) Viga (b) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 48.71  | 346.44     | 14.06      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 69.97  | 726.52     | 9.63       |
|                               | Tracción             | kN       | 12.63  | 363.26     | 3.48       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 23.46  | 281.61     | 8.33       |

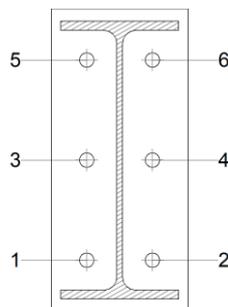
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 21.3                                | 21.3                                | 0.1                                  | 42.6                       | 11.04      | 21.3                                | 6.49       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 19.1                                | 19.1                                | 11.0                                 | 42.6                       | 11.04      | 19.1                                | 5.82       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 20.5                                | 20.5                                | 0.1                                  | 41.0                       | 10.62      | 20.5                                | 6.24       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



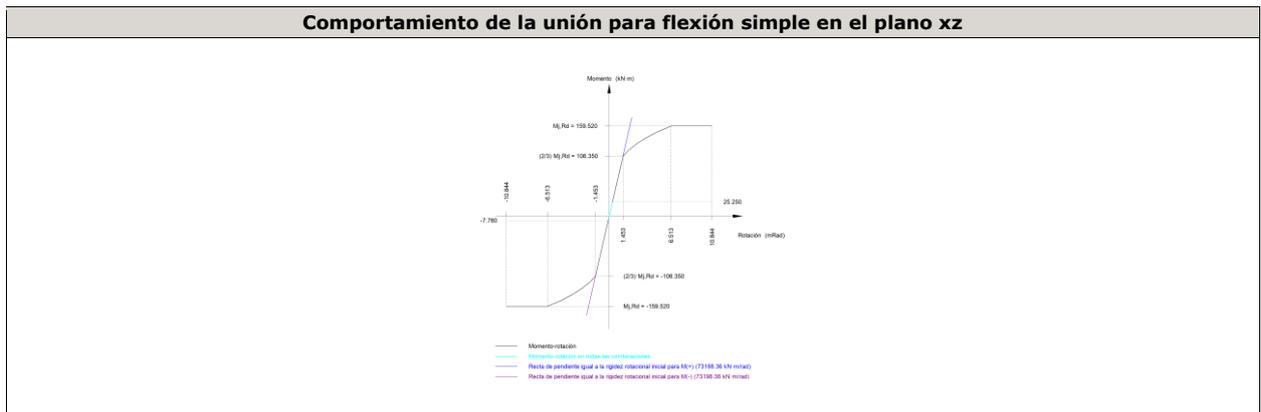
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 12.187      | 112.960         | 10.79      | Vástago       | 10.688      | 203.328         | 5.26       | 10.79   | 10.79           |
|             | Aplastamiento       | 12.187      | 354.240         | 3.44       | Punzonamiento | 10.688      | 420.390         | 2.54       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 41.540      | 112.960         | 36.77      | Vástago       | 12.371      | 203.328         | 6.08       | 36.77   | 36.77           |
|             | Aplastamiento       | 41.540      | 354.240         | 11.73      | Punzonamiento | 12.371      | 420.390         | 2.94       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.904       | 112.960         | 6.11       | Vástago       | 17.517      | 203.328         | 8.61       | 12.27   | 12.27           |
|             | Aplastamiento       | 6.904       | 354.230         | 1.95       | Punzonamiento | 17.517      | 420.390         | 4.17       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.924       | 112.960         | 6.13       | Vástago       | 15.895      | 203.328         | 7.82       | 11.70   | 11.70           |
|             | Aplastamiento       | 6.924       | 354.240         | 1.95       | Punzonamiento | 15.895      | 420.390         | 3.78       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 8.939       | 112.960         | 7.91       | Vástago       | 28.591      | 203.328         | 14.06      | 16.16   | 16.16           |
|             | Aplastamiento       | 8.939       | 354.240         | 2.52       | Punzonamiento | 28.591      | 420.390         | 6.80       |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.925       | 112.960         | 6.13       | Vástago       | 27.177      | 203.328         | 13.37      | 15.68   | 15.68           |

| Resistencia |               |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
|             | Aplastamiento | 6.925       | 354.240         | 1.95       | Punzonamiento | 27.177      | 420.390         | 6.46       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10663.86            | 73198.36            |
| Calculada para momentos negativos | 10663.86            | 73198.36            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31   | 1.80       | 72.84      |
| Momento resistente         | kNm      | 25.25  | 159.52     | 15.83      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 31.809 | 667        | 4.77       |

d) Medición

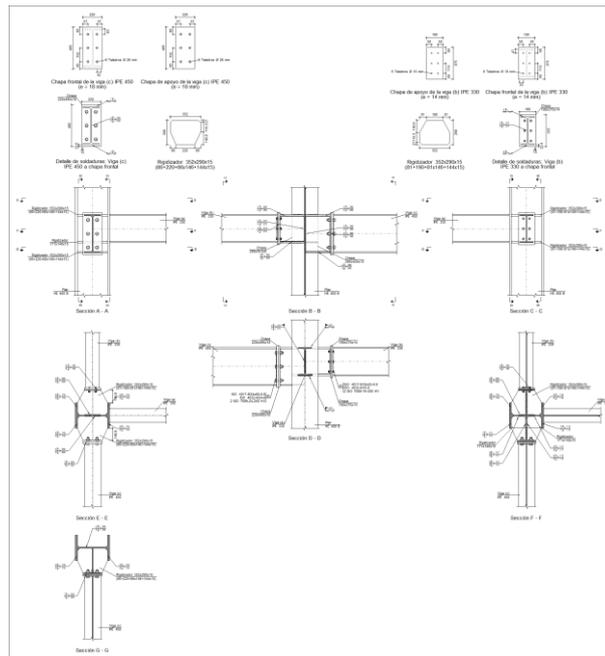
| Soldaduras           |                        |           |                          |                           |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo | 4                        | 5203                      |
|                      |                        |           | 5                        | 1515                      |
|                      |                        |           | 6                        | 2384                      |
|                      |                        |           | 7                        | 5051                      |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 5                        | 758                       |
|                      |                        |           | 7                        | 716                       |

| Chapas   |               |          |                                      |           |
|----------|---------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                     | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 352x290x15<br>(66+220+66x146+144x15) | 43.52     |
|          | Chapas        | 2        | 290x420x10                           | 19.14     |
|          |               | 4        | 220x490x18                           | 60.93     |
|          | Total         |          |                                      |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M24x80 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M24    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-24     |

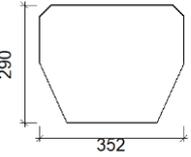
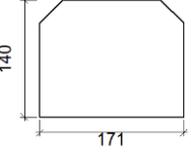
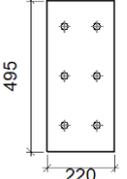
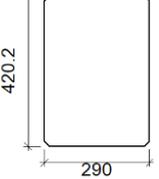
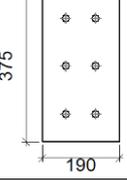
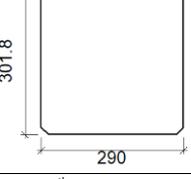
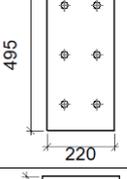
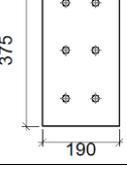
1.1.1.26.- Tipo 33

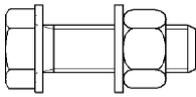
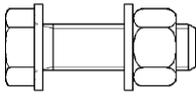
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |         | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 450     |         | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 330     |         | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 352        | 290        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                                |    | 171        | 140        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 450 |    | 220        | 495        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 450 |   | 290        | 420.2      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 290        | 301.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 450            |  | 220        | 495        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M24x80-8.8<br>ISO 4032-M24-8<br>2 ISO 7089-24-200 HV |  | M24      | 80            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbitez                        | --                   | --     | --         | 40.29      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 241.70 | 609.49     | 39.66      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 95.07  | 261.90     | 36.30      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 96.44  | 261.90     | 36.82      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 41.34  | 261.90     | 15.78      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 105.66 | 261.90     | 40.34      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 99.68  | 261.90     | 38.06      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 450] | Cortante                       | kN                   | 70.31  | 393.15     | 17.88      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 84.74  | 314.52     | 26.94      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 39.58  | 261.90     | 15.11      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 34.25  | 261.90     | 13.08      |       |
| Viga (c) IPE 450                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 11.97      | 373.21     | 3.21  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 46.28      | 347.09     | 13.33 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 22.34      | 295.57     | 7.56  |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 12.16      | 309.21     | 3.93  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 44.88      | 180.86     | 24.82 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 20.57      | 153.79     | 13.37 |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 113    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 6      | 117    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 7      | 113    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 6      | 117    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                              | 7                                      | 220                                     | 15.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                              | 6                                      | 116                                     | 15.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                              | 6                                      | 298                                     | 13.5                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | En ángulo                              | 6                                      | 190                                     | 14.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                              | 6                                      | 116                                     | 15.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                              | 6                                      | 298                                     | 13.5                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                              | 6                                      | 190                                     | 14.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 390                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                              | 4                                      | 390                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 272                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                              | 4                                      | 272                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 78.3                                   | 78.3                                   | 25.0                                    | 162.4                         | 42.08              | 78.3                                   | 23.86         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 26.2                                    | 45.3                          | 11.74              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 13.9                                   | 13.9                                   | 0.1                                     | 27.8                          | 7.21               | 13.9                                   | 4.24          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 85.2                                   | 85.2                                   | 0.4                                     | 170.5                         | 44.18              | 85.2                                   | 25.99         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 36.2                                    | 62.7                          | 16.25              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 36.2                                    | 62.7                          | 16.25              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                    | 0.0                                    | 29.8                                    | 51.7                          | 13.39              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 0.0                                     | 0.1                           | 0.02               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 13.0                                   | 13.0                                   | 0.0                                     | 26.0                          | 6.75               | 13.0                                   | 3.97          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 85.2                                   | 85.2                                   | 31.2                                    | 178.8                         | 46.33              | 85.2                                   | 25.98         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 28.4                                    | 49.1                          | 12.73              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 19.1                                   | 19.1                                   | 0.1                                     | 38.1                          | 9.88               | 19.1                                   | 5.81          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 78.3                                   | 78.3                                   | 33.0                                    | 166.7                         | 43.20              | 78.3                                   | 23.87         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 26.1                                    | 45.2                          | 11.72              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 21.6                                   | 21.6                                   | 0.1                                     | 43.3                          | 11.21              | 21.6                                   | 6.59          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 12.6                                    | 21.8                          | 5.64               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                    | 0.0                                    | 12.6                                    | 21.8                          | 5.64               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 33.8                                    | 58.6                          | 15.18              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 13.8                                    | 24.0                          | 6.21               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 15.0                                    | 26.0                          | 6.74               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                    | 0.0                                    | 15.0                                    | 26.0                          | 6.74               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 40.7                                    | 70.6                          | 18.29              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 15.8                                    | 27.4                          | 7.10               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

## 2) Viga (a) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   |  | a<br>(mm)                               | l<br>(mm)                     | t<br>(mm)     | Ángulo<br>(grados)                     |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala superior   | 116.4                                  | 116.4                                  | 0.1                                     | 232.8                         | 60.33         | 116.4                                  | 35.49         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 88.4                                   | 88.4                                   | 14.5                                    | 178.5                         | 46.27         | 88.4                                   | 26.95         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 116.4                                  | 116.4                                  | 0.1                                     | 232.9                         | 60.35         | 116.4                                  | 35.50         | 410.0                                  | 0.85           |

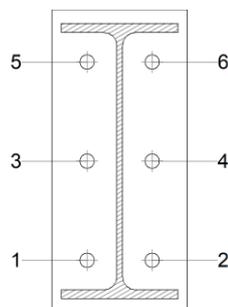
3) Viga (c) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 46.28  | 346.29     | 13.36      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 54.69  | 726.52     | 7.53       |
|                               | Tracción             | kN       | 11.97  | 363.26     | 3.29       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 22.35  | 282.11     | 7.92       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   |  | a<br>(mm)                               | l<br>(mm)                     | t<br>(mm)     | Ángulo<br>(grados)                     |               |  |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                              |  | 7                                       | 190                           | 14.6          | 90.00                                  |               |  |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                              |  | 5                                       | 379                           | 9.4           | 90.00                                  |               |  |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                              |  | 7                                       | 190                           | 14.6          | 90.00                                  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala superior   | 20.2                                   | 20.2                                   | 0.1                                     | 40.5                          | 10.49         | 20.2                                   | 6.17          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 18.1                                   | 18.1                                   | 4.6                                     | 37.1                          | 9.61          | 18.1                                   | 5.52          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 15.4                                   | 15.4                                   | 0.1                                     | 30.9                          | 8.00          | 15.4                                   | 4.70          | 410.0                                  | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

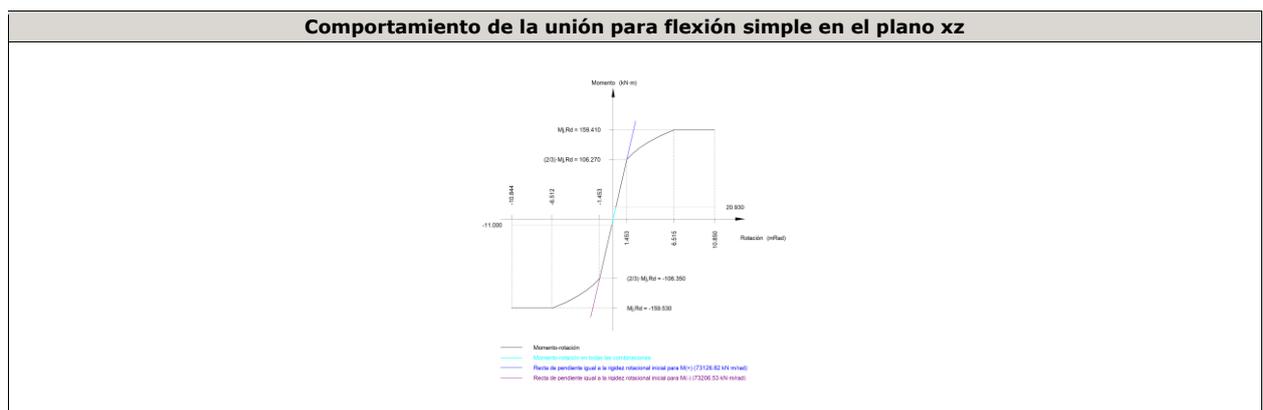


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 2           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 3           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 4           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 5           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 6           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 15.628      | 112.960         | 13.84      | Vástago       | 10.711      | 203.328         | 5.27       | 13.84                           | 13.84           |
|             | Aplastamiento       | 15.628      | 354.240         | 4.41       | Punzonamiento | 10.711      | 420.390         | 2.55       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 39.188      | 112.960         | 34.69      | Vástago       | 10.479      | 203.328         | 5.15       | 34.69                           | 34.69           |
|             | Aplastamiento       | 39.188      | 354.240         | 11.06      | Punzonamiento | 10.479      | 420.390         | 2.49       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.530       | 112.960         | 5.78       | Vástago       | 15.737      | 203.328         | 7.74       | 10.45                           | 10.45           |
|             | Aplastamiento       | 6.530       | 354.228         | 1.84       | Punzonamiento | 15.737      | 420.390         | 3.74       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.551       | 112.960         | 5.80       | Vástago       | 16.858      | 203.328         | 8.29       | 10.07                           | 10.07           |
|             | Aplastamiento       | 6.551       | 354.240         | 1.85       | Punzonamiento | 16.858      | 420.390         | 4.01       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 6.530       | 112.960         | 5.78       | Vástago       | 26.216      | 203.328         | 12.89      | 13.44                           | 13.44           |
|             | Aplastamiento       | 6.530       | 354.212         | 1.84       | Punzonamiento | 26.216      | 420.390         | 6.24       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 8.922       | 112.960         | 7.90       | Vástago       | 27.178      | 203.328         | 13.37      | 13.12                           | 13.37           |
|             | Aplastamiento       | 8.922       | 354.240         | 2.52       | Punzonamiento | 27.178      | 420.390         | 6.46       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10660.53               | 73126.82               |
| Calculada para momentos negativos | 10660.53               | 73206.53               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31   | 1.80       | 72.84      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.93  | 159.41     | 13.13      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 26.384 | 667        | 3.96       |

4) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |              |          |        |            |            |
|-------------------------------|--------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |

|               |                      |    |       |        |       |
|---------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN | 44.88 | 180.86 | 24.82 |
| Ala           | Compresión           | kN | 69.91 | 481.90 | 14.51 |
|               | Tracción             | kN | 11.22 | 240.95 | 4.66  |
| Alma          | Tracción             | kN | 22.44 | 155.64 | 14.42 |

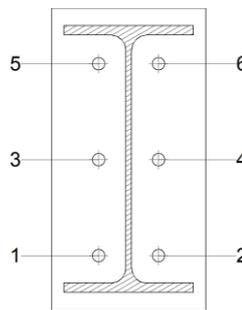
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 27.2                                | 27.2                                | 0.1                                  | 54.5                       | 14.12      | 27.2                                | 8.30       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 31.7                                | 31.7                                | 15.1                                 | 68.6                       | 17.76      | 31.7                                | 9.66       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 24.8                                | 24.8                                | 0.1                                  | 49.6                       | 12.85      | 24.8                                | 7.56       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



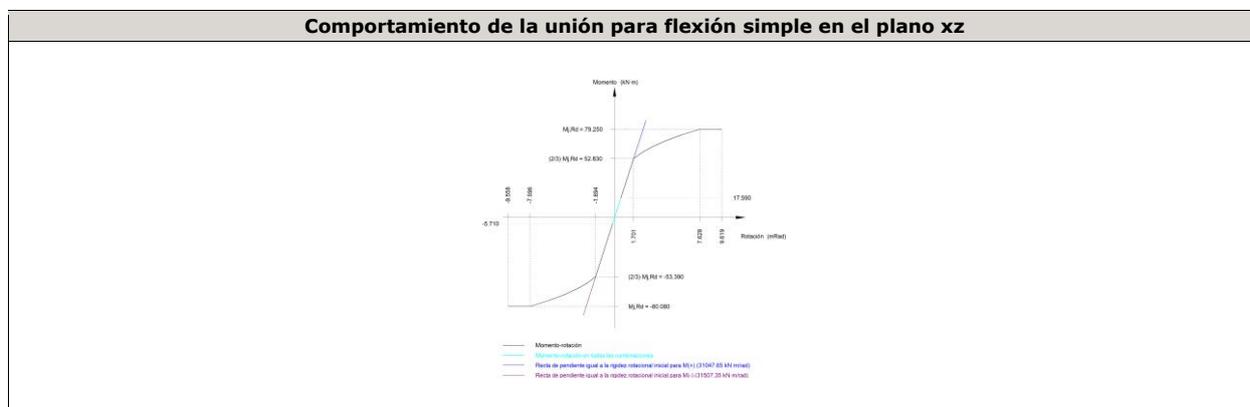
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.436       | 50.240          | 10.82      | Vástago       | 9.981       | 90.432          | 11.04      | 12.11   | 12.11           |
|             | Aplastamiento       | 5.436       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 9.981       | 219.639         | 4.54       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 7.509       | 50.240          | 14.95      | Vástago       | 10.643      | 90.432          | 11.77      | 14.95   | 14.95           |
|             | Aplastamiento       | 7.509       | 183.680         | 4.09       | Punzonamiento | 10.643      | 219.639         | 4.85       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.436       | 50.240          | 10.82      | Vástago       | 14.685      | 90.432          | 16.24      | 22.42   | 22.42           |
|             | Aplastamiento       | 5.436       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 14.685      | 219.639         | 6.69       |   |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.446       | 50.240          | 10.84      | Vástago       | 14.314      | 90.432          | 15.83      | 22.11                           | 22.11           |
|             | Aplastamiento       | 5.446       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 14.314      | 219.639         | 6.52       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.436       | 50.240          | 10.82      | Vástago       | 22.442      | 90.432          | 24.82      | 28.55                           | 28.55           |
|             | Aplastamiento       | 5.436       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 22.442      | 219.639         | 10.22      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.446       | 50.240          | 10.84      | Vástago       | 22.137      | 90.432          | 24.48      | 28.29                           | 28.29           |
|             | Aplastamiento       | 5.446       | 183.680         | 2.96       | Punzonamiento | 22.137      | 219.639         | 10.08      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11668.52            | 31047.65            |
| Calculada para momentos negativos | 11668.52            | 31507.35            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 17.59  | 79.25      | 22.20      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 58.909 | 667        | 8.84       |

d) Medición

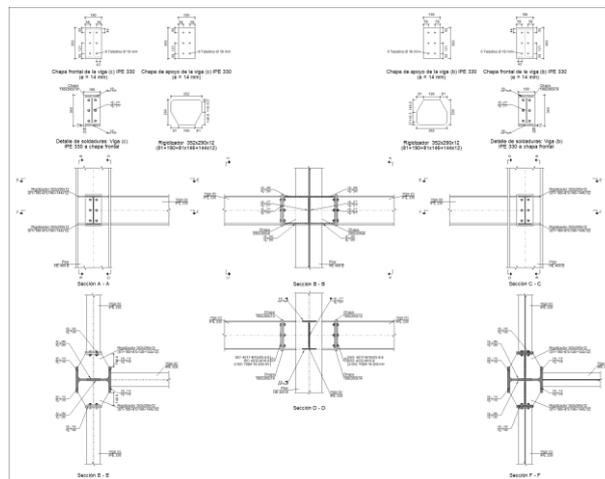
| Soldaduras           |                        |           |                          |                           |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo | 4                        | 5270                      |
|                      |                        |           | 5                        | 758                       |
|                      |                        |           | 6                        | 6523                      |
|                      |                        |           | 7                        | 2048                      |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|                      |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                                      |           |
|----------|---------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                     | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 352x290x15<br>(66+220+66x146+144x15) | 21.76     |
|          |               | 2        | 171x140x15                           | 5.64      |
|          |               | 2        | 352x290x15<br>(81+190+81x146+144x15) | 21.24     |
|          | Chapas        | 1        | 290x301x8                            | 5.50      |
|          |               | 1        | 290x420x10                           | 9.57      |
|          |               | 2        | 190x375x14                           | 15.66     |
|          |               | 2        | 220x495x18                           | 30.78     |
|          |               | Total    |                                      |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M24x80 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
|                          |               | 6        | ISO 4032-M24    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |
|                          |               | 12       | ISO 7089-24     |

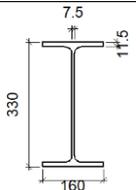
1.1.1.27.- Tipo 34

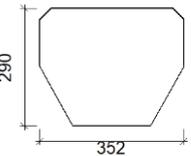
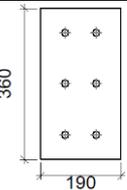
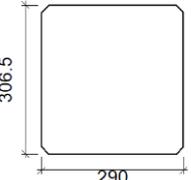
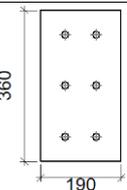
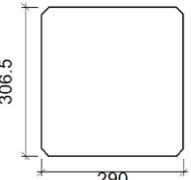
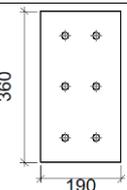
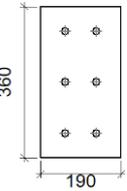
a) Detalle

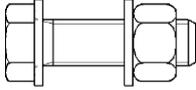


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |         | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 352        | 290        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |   | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 290        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 290        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbitez                        | --                   | --     | --         | 40.29      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 180.83 | 607.20     | 29.78      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 93.07  | 261.90     | 35.54      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 86.28  | 261.90     | 32.94      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 93.15  | 261.90     | 35.57      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 86.19  | 261.90     | 32.91      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 84.51  | 314.52     | 26.87      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 84.51  | 314.52     | 26.87      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 38.51  | 261.90     | 14.70      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 27.36  | 261.90     | 10.45      |       |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 13.07      | 251.43     | 5.20  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 49.29      | 180.86     | 27.25 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 23.15      | 156.16     | 14.82 |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 13.07      | 251.43     | 5.20  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 49.27      | 180.86     | 27.24 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 23.14      | 156.16     | 14.82 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 260    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                     | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                                  | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                                | 4                                      | 260  | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                                | 4                                      | 277  | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                                | 4                                      | 277  | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                                | 4                                      | 260  | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                                | 4                                      | 260  | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |                    | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 65.5                                     | 65.5                                   | 5.4  | 131.3                         | 34.02              | 65.5                                     | 19.96         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 26.1                                       | 45.2                          | 11.70              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 21.0                                     | 21.0                                   | 0.1  | 42.0                          | 10.87              | 21.0                                     | 6.40          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 59.9                                     | 59.9                                   | 9.7  | 120.9                         | 31.32              | 59.9                                     | 18.25         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 24.0                                       | 41.5                          | 10.76              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 22.6                                     | 22.6                                   | 0.1  | 45.1                          | 11.69              | 22.6                                     | 6.88          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 65.5                                     | 65.5                                   | 5.4  | 131.4                         | 34.05              | 65.5                                     | 19.98         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 26.1                                       | 45.2                          | 11.71              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 21.0                                     | 21.0                                   | 0.1  | 41.9                          | 10.87              | 21.0                                     | 6.39          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 59.8                                     | 59.8                                   | 9.6  | 120.8                         | 31.29              | 59.8                                     | 18.23         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 23.9                                       | 41.5                          | 10.75              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 22.6                                     | 22.6                                   | 0.1  | 45.1                          | 11.69              | 22.6                                     | 6.88          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 14.8                                       | 25.7                          | 6.66               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                      | 0.0                                    | 14.8                                       | 25.7                          | 6.66               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                      | 0.0                                    | 40.6                                       | 70.4                          | 18.24              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                      | 0.0                                    | 23.0                                       | 39.9                          | 10.34              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 14.8                                       | 25.7                          | 6.66               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                      | 0.0                                    | 14.8                                       | 25.7                          | 6.66               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                      | 0.0                                    | 40.6                                       | 70.4                          | 18.24              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                      | 0.0                                    | 23.0                                       | 39.9                          | 10.34              | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

## 2) Viga (a) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                     | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                                  | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |                               |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                                | 6                                      | 160  | 11.5                          | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                                | 4                                      | 271  | 7.5                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                                | 6                                      | 160  | 11.5                          | 90.00              |  |               |                               |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |                    | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior   | 89.5                                     | 89.5                                   | 0.3  | 179.0                         | 46.39              | 89.5                                     | 27.29         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 65.4                                     | 65.4                                   | 13.4                                       | 132.8                         | 34.41              | 65.4                                     | 19.93         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 84.4                                     | 84.4                                   | 0.2  | 168.7                         | 43.73              | 84.4                                     | 25.72         | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 49.29  | 180.86     | 27.25      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 67.52  | 481.90     | 14.01      |
|                               | Tracción             | kN       | 13.06  | 240.95     | 5.42       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 23.17  | 149.26     | 15.53      |

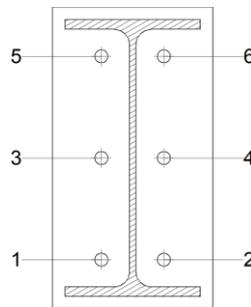
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 29.9                                | 29.9                                | 0.1                                  | 59.8                       | 15.50      | 29.9                                | 9.12       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 36.4                                | 36.4                                | 6.2                                  | 73.6                       | 19.07      | 36.4                                | 11.09      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 27.9                                | 27.9                                | 0.2                                  | 55.7                       | 14.44      | 27.9                                | 8.50       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



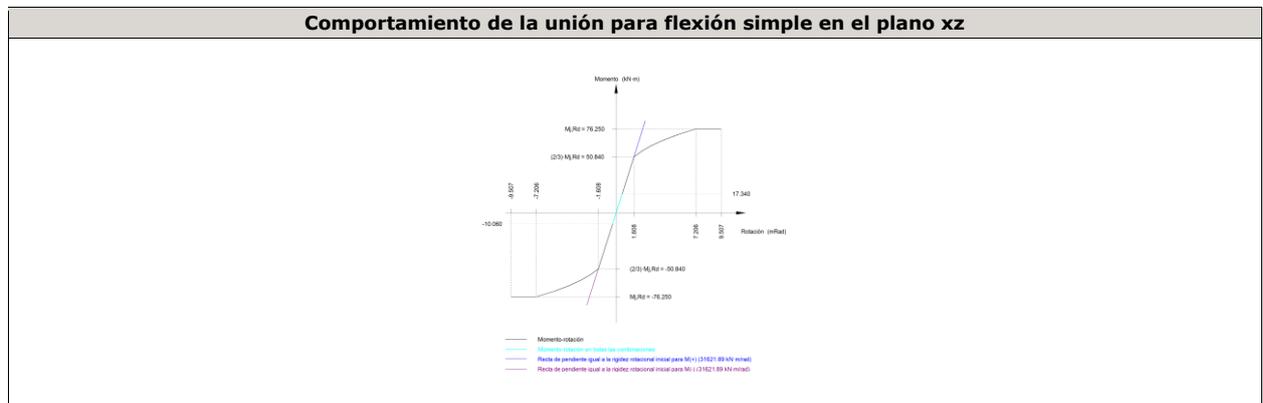
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 16.687      | 50.240          | 33.22      | Vástago       | 15.528      | 90.432          | 17.17      | 33.22                           | 33.22           |
|             | Aplastamiento       | 16.687      | 183.680         | 9.08       | Punzonamiento | 15.528      | 219.639         | 7.07       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 8.549       | 50.240          | 17.02      | Vástago       | 15.474      | 90.432          | 17.11      | 17.02                           | 17.11           |
|             | Aplastamiento       | 8.549       | 183.680         | 4.65       | Punzonamiento | 15.474      | 219.639         | 7.05       |                                 |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.470       | 50.240          | 10.89      | Vástago       | 15.267      | 90.432          | 16.88      | 22.22                           | 22.22           |
|             | Aplastamiento       | 5.470       | 183.680         | 2.98       | Punzonamiento | 15.267      | 219.639         | 6.95       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.470       | 50.240          | 10.89      | Vástago       | 16.342      | 90.432          | 18.07      | 22.22                           | 22.22           |
|             | Aplastamiento       | 5.470       | 183.680         | 2.98       | Punzonamiento | 16.342      | 219.639         | 7.44       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 6.362       | 50.240          | 12.66      | Vástago       | 23.765      | 90.432          | 26.28      | 28.52                           | 28.52           |
|             | Aplastamiento       | 6.362       | 183.680         | 3.46       | Punzonamiento | 23.765      | 219.639         | 10.82      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 9.328       | 50.240          | 18.57      | Vástago       | 24.645      | 90.432          | 27.25      | 28.52                           | 28.52           |
|             | Aplastamiento       | 9.328       | 183.680         | 5.08       | Punzonamiento | 24.645      | 219.639         | 11.22      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11191.15            | 31621.89            |
| Calculada para momentos negativos | 11191.15            | 31621.89            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 17.33  | 76.25      | 22.73      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 57.651 | 667        | 8.65       |

4) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 49.27  | 180.86     | 27.24      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 67.50  | 481.90     | 14.01      |
|                               | Tracción             | kN       | 13.05  | 240.95     | 5.42       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 23.17  | 149.26     | 15.52      |

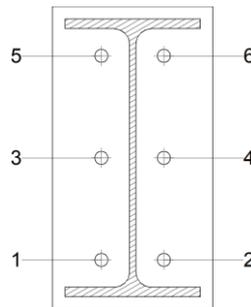
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
 l: Longitud efectiva  
 t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 31.3                                     | 31.3                                   | 0.4                                 | 62.5                          | 16.20         | 31.3                                     | 9.53          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 36.4                                     | 36.4                                   | 6.2                                 | 73.6                          | 19.06         | 36.4                                     | 11.09         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 34.4                                     | 34.4                                   | 0.4                                 | 68.9                          | 17.85         | 34.4                                     | 10.50         | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos

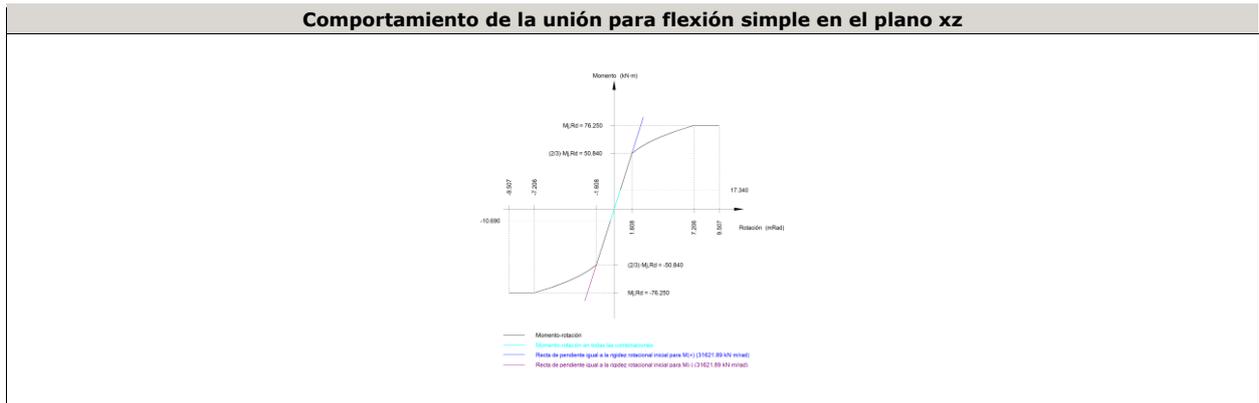


| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |  |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 33.0        |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 33.0        |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 74            | 32.3        |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |                |                    |               |               |                |                    |               |                                 |                 |
|-------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|---------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |                |                    |               | Tracción      |                |                    |               | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo<br>(kN) | Resistente<br>(kN) | Aprov.<br>(%) | Comprobación  | Pésimo<br>(kN) | Resistente<br>(kN) | Aprov.<br>(%) | Aprov.<br>(%)                   |                 |
| 1           | Sección transversal | 17.628         | 50.240             | 35.09         | Vástago       | 15.469         | 90.432             | 17.11         | 35.09                           | 35.09           |
|             | Aplastamiento       | 17.628         | 183.680            | 9.60          | Punzonamiento | 15.469         | 219.639            | 7.04          |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 16.688         | 50.240             | 33.22         | Vástago       | 16.604         | 90.432             | 18.36         | 33.22                           | 33.22           |
|             | Aplastamiento       | 16.688         | 183.680            | 9.09          | Punzonamiento | 16.604         | 219.639            | 7.56          |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.469          | 50.240             | 10.89         | Vástago       | 16.338         | 90.432             | 18.07         | 22.22                           | 22.22           |
|             | Aplastamiento       | 5.469          | 183.680            | 2.98          | Punzonamiento | 16.338         | 219.639            | 7.44          |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.469          | 50.240             | 10.89         | Vástago       | 15.257         | 90.432             | 16.87         | 22.22                           | 22.22           |
|             | Aplastamiento       | 5.469          | 183.680            | 2.98          | Punzonamiento | 15.257         | 219.639            | 6.95          |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.469          | 50.240             | 10.89         | Vástago       | 24.637         | 90.432             | 27.24         | 28.52                           | 28.52           |
|             | Aplastamiento       | 5.469          | 183.680            | 2.98          | Punzonamiento | 24.637         | 219.639            | 11.22         |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.360          | 50.240             | 12.66         | Vástago       | 23.752         | 90.432             | 26.26         | 28.52                           | 28.52           |
|             | Aplastamiento       | 6.360          | 183.680            | 3.46          | Punzonamiento | 23.752         | 219.639            | 10.81         |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11191.15               | 31621.89               |
| Calculada para momentos negativos | 11191.15               | 31621.89               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 17.33  | 76.25      | 22.73      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 57.648 | 667        | 8.65       |

d) Medición

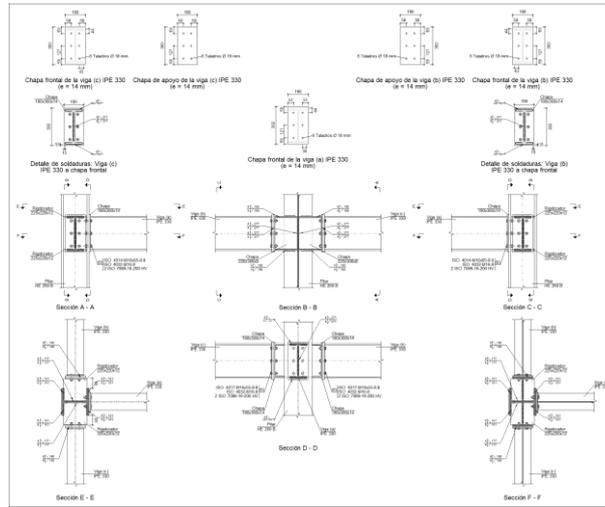
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 5376                      |
|             |                        |           | 5                        | 2384                      |
|             |                        |           | 6                        | 4578                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|             |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                                      |           |
|----------|---------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                     | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 352x290x12<br>(81+190+81x146+144x12) | 33.98     |
|          | Chapas        | 2        | 290x306x8                            | 11.16     |
|          |               | 4        | 190x360x14                           | 30.07     |
|          | Total         |          |                                      |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

**1.1.1.28.- Tipo 35**

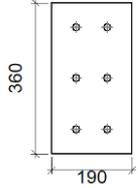
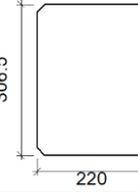
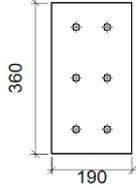
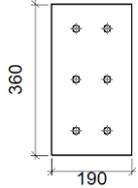
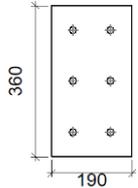
a) Detalle

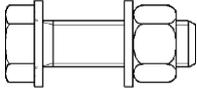
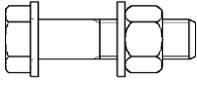


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 260 B    |           | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |           | 225        | 220        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |           | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |           | 220        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |    | 220        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |   | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 34.77      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 193.75 | 449.78     | 43.08      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 72.71  | 261.90     | 27.76      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 72.97  | 261.90     | 27.86      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 72.69  | 261.90     | 27.76      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 72.77  | 261.90     | 27.78      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 94.01  | 229.84     | 40.90      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 93.76  | 229.84     | 40.79      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 83.08  | 261.90     | 31.72      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 80.15  | 261.90     | 30.60      |       |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 125.97     | 180.86     | 69.65 |
|                                   |                                | Tracción             | kN     | 27.71      | 274.49     | 10.09 |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 70.56      | 155.85     | 45.27 |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 10.64      | 251.43     | 4.23  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 40.18      | 180.86     | 22.22 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 18.87      | 156.16     | 12.08 |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 10.63      | 251.43     | 4.23  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 40.17      | 180.86     | 22.21 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 18.86      | 156.16     | 12.08 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 101                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 177                                  | 10.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 101                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 177                                  | 10.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 101                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 177                                  | 10.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 101                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 177                                  | 10.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                           | 4                                   | 190                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                           | 4                                   | 190                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                           | 4                                   | 190                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                           | 4                                   | 190                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| a: Espesor garganta<br>l: Longitud efectiva<br>t: Espesor de piezas |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 49.6                                | 49.6                                | 10.9                                 | 101.1                      | 26.19           | 49.7                                | 15.14      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 40.6                                 | 70.3                       | 18.22           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | 17.1                                | 17.1                                | 0.1                                  | 34.2                       | 8.86            | 17.1                                | 5.21       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 42.1                                 | 73.0                       | 18.91           | 30.4                                | 9.27       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.1                                 | 50.3                       | 13.04           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 21.4                                     | 21.4                                   | 0.1  | 42.8                          | 11.08         | 21.4                                     | 6.52          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 49.6                                     | 49.6                                   | 10.9                                       | 101.1                         | 26.19         | 49.6                                     | 15.13         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 40.6                                       | 70.3                          | 18.21         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 17.1                                     | 17.1                                   | 0.1  | 34.2                          | 8.86          | 17.1                                     | 5.21          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 0.0                                      | 0.0                                    | 42.0                                       | 72.8                          | 18.86         | 30.4                                     | 9.27          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 29.1                                       | 50.3                          | 13.04         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 21.4                                     | 21.4                                   | 0.1  | 42.9                          | 11.11         | 21.5                                     | 6.54          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 35.5                                       | 61.6                          | 15.96         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 35.5                                       | 61.6                          | 15.96         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 45.3                                       | 78.5                          | 20.35         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 61.9                                       | 107.1                         | 27.77         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 35.4                                       | 61.3                          | 15.89         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 35.4                                       | 61.3                          | 15.89         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 45.4                                       | 78.7                          | 20.39         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 61.7                                       | 106.8                         | 27.69         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

## 2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 125.97 | 180.86     | 69.65      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 142.82 | 481.90     | 29.64      |
|                               | Tracción             | kN       | 36.73  | 240.95     | 15.24      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 52.52  | 169.65     | 30.96      |

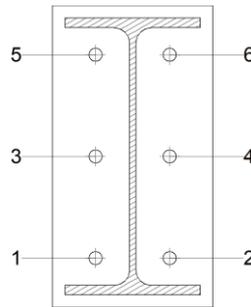
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 76.5                                     | 76.5                                   | 0.4  | 152.9                         | 39.63         | 76.5                                     | 23.31         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 89.2                                     | 89.2                                   | 7.0  | 178.9                         | 46.35         | 89.2                                     | 27.20         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 48.3                                     | 48.3                                   | 0.5  | 96.6                          | 25.02         | 48.3                                     | 14.72         | 410.0                         | 0.85      |

## Comprobaciones para los tornillos

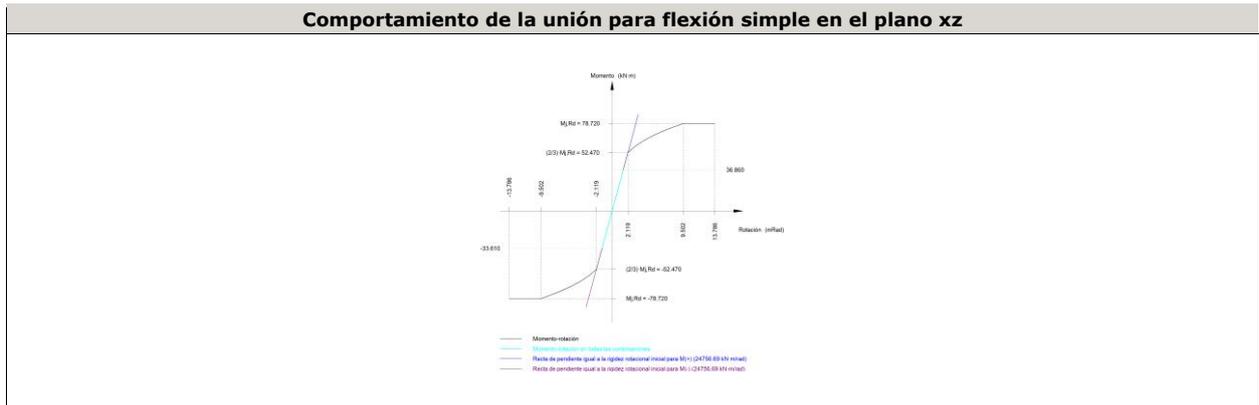


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 39.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 39.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 51                     | 121                    | 88                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 15.498      | 64.340          | 24.09      | Vástago       | 33.325      | 90.432          | 36.85      | 36.48                           | 36.85           |
|             | Aplastamiento       | 15.498      | 183.680         | 8.44       | Punzonamiento | 33.325      | 219.639         | 15.17      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 15.502      | 64.340          | 24.09      | Vástago       | 33.292      | 90.432          | 36.81      | 36.54                           | 36.81           |
|             | Aplastamiento       | 15.502      | 183.680         | 8.44       | Punzonamiento | 33.292      | 219.639         | 15.16      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 7.923       | 64.340          | 12.31      | Vástago       | 45.008      | 90.432          | 49.77      | 40.33                           | 49.77           |
|             | Aplastamiento       | 7.923       | 183.680         | 4.31       | Punzonamiento | 45.008      | 219.639         | 20.49      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 7.923       | 64.340          | 12.31      | Vástago       | 45.006      | 90.432          | 49.77      | 40.37                           | 49.77           |
|             | Aplastamiento       | 7.923       | 183.680         | 4.31       | Punzonamiento | 45.006      | 219.639         | 20.49      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 10.348      | 64.340          | 16.08      | Vástago       | 62.988      | 90.432          | 69.65      | 54.42                           | 69.65           |
|             | Aplastamiento       | 10.348      | 183.680         | 5.63       | Punzonamiento | 62.988      | 219.639         | 28.68      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 10.345      | 64.340          | 16.08      | Vástago       | 62.985      | 90.432          | 69.65      | 54.47                           | 69.65           |
|             | Aplastamiento       | 10.345      | 183.680         | 5.63       | Punzonamiento | 62.985      | 219.639         | 28.68      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 12243.89               | 24756.69               |
| Calculada para momentos negativos | 12243.89               | 24756.69               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.39    | 1.80       | 77.40      |
| Momento resistente         | kNm      | 36.85   | 78.72      | 46.82      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 107.977 | 667        | 16.20      |

3) Viga (c) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 40.18  | 180.86     | 22.22      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 59.26  | 481.90     | 12.30      |
|               | Tracción             | kN       | 10.62  | 240.95     | 4.41       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 18.89  | 149.26     | 12.66      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

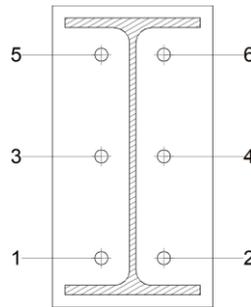
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 24.4                                | 24.4                                | 0.1                                  | 48.8                       | 12.64      | 24.4                                | 7.44       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 23.5                                | 23.5                                | 34.9                                 | 76.6                       | 19.84      | 29.7                                | 9.04       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 23.6                                | 23.6                                | 0.2                                  | 47.1                       | 12.22      | 23.6                                | 7.19       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

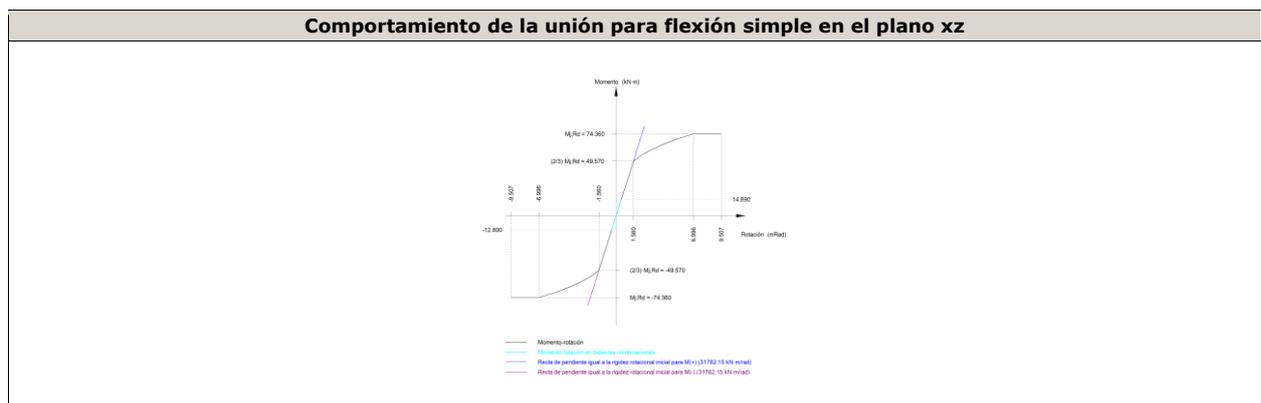


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 35.084      | 50.240          | 69.83      | Vástago       | 16.892      | 90.432          | 18.68      | 69.83                           | 69.83           |
|             | Aplastamiento       | 35.084      | 183.680         | 19.10      | Punzonamiento | 16.892      | 219.639         | 7.69       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 31.898      | 50.240          | 63.49      | Vástago       | 16.902      | 90.432          | 18.69      | 63.49                           | 63.49           |
|             | Aplastamiento       | 51.711      | 183.680         | 28.15      | Punzonamiento | 16.902      | 219.639         | 7.70       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 13.104      | 50.240          | 26.08      | Vástago       | 12.852      | 90.432          | 14.21      | 33.62                           | 33.62           |
|             | Aplastamiento       | 13.104      | 183.680         | 7.13       | Punzonamiento | 12.852      | 219.639         | 5.85       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 13.107      | 50.240          | 26.09      | Vástago       | 13.128      | 90.432          | 14.52      | 33.02                           | 33.02           |
|             | Aplastamiento       | 13.107      | 183.680         | 7.14       | Punzonamiento | 13.128      | 219.639         | 5.98       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 13.104      | 50.240          | 26.08      | Vástago       | 19.590      | 90.432          | 21.66      | 27.20                           | 27.20           |
|             | Aplastamiento       | 13.104      | 183.680         | 7.13       | Punzonamiento | 19.590      | 219.639         | 8.92       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 13.107      | 50.240          | 26.09      | Vástago       | 20.091      | 90.432          | 22.22      | 26.90                           | 26.90           |
|             | Aplastamiento       | 13.107      | 183.680         | 7.14       | Punzonamiento | 20.091      | 219.639         | 9.15       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11559.20            | 31762.15            |
| Calculada para momentos negativos | 11559.20            | 31762.15            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 14.89  | 74.36      | 20.02      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 49.308 | 667        | 7.40       |

4) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 40.17  | 180.86     | 22.21      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 59.44  | 481.90     | 12.33      |
|                               | Tracción             | kN       | 10.62  | 240.95     | 4.41       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 18.89  | 149.26     | 12.65      |

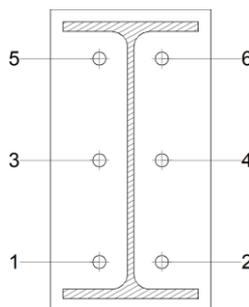
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 24.4                                | 24.4                                | 0.1                                  | 48.8                       | 12.64      | 24.4                                | 7.43       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 23.4                                | 23.4                                | 34.8                                 | 76.4                       | 19.79      | 29.7                                | 9.04       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 23.6                                | 23.6                                | 0.2                                  | 47.2                       | 12.24      | 23.6                                | 7.20       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

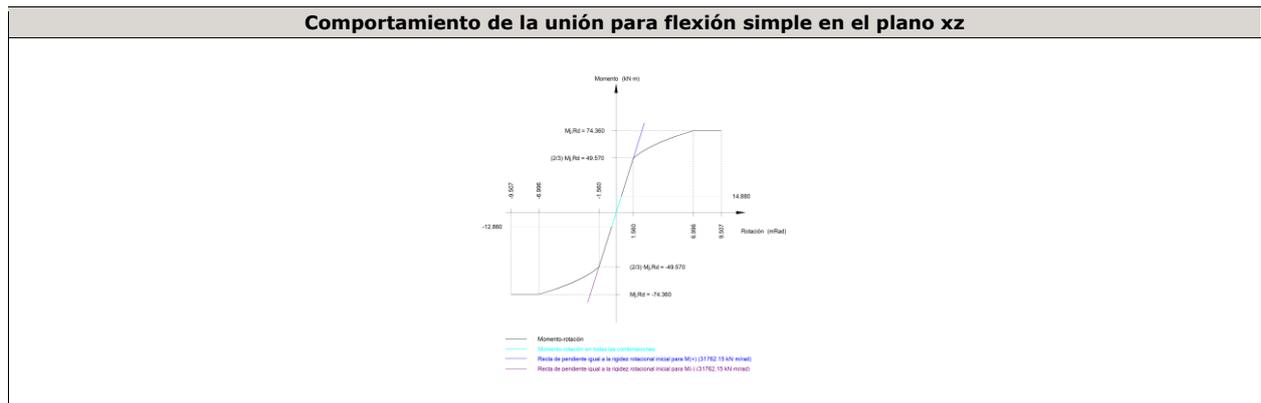


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 32.007      | 50.240          | 63.71      | Vástago       | 16.979      | 90.432          | 18.78      | 63.71                           | 63.71           |
|             | Aplastamiento       | 51.893      | 183.680         | 28.25      | Punzonamiento | 16.979      | 219.639         | 7.73       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 34.947      | 50.240          | 69.56      | Vástago       | 16.967      | 90.432          | 18.76      | 69.56                           | 69.56           |
|             | Aplastamiento       | 34.947      | 183.680         | 19.03      | Punzonamiento | 16.967      | 219.639         | 7.73       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 13.050      | 50.240          | 25.97      | Vástago       | 13.124      | 90.432          | 14.51      | 32.88                           | 32.88           |
|             | Aplastamiento       | 13.050      | 183.680         | 7.10       | Punzonamiento | 13.124      | 219.639         | 5.98       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 13.047      | 50.240          | 25.97      | Vástago       | 12.802      | 90.432          | 14.16      | 33.52                           | 33.52           |
|             | Aplastamiento       | 13.047      | 183.680         | 7.10       | Punzonamiento | 12.802      | 219.639         | 5.83       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 13.050      | 50.240          | 25.97      | Vástago       | 20.086      | 90.432          | 22.21      | 26.97                           | 26.97           |
|             | Aplastamiento       | 13.050      | 183.680         | 7.10       | Punzonamiento | 20.086      | 219.639         | 9.15       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 13.047      | 50.240          | 25.97      | Vástago       | 19.592      | 90.432          | 21.67      | 27.26                           | 27.26           |
|             | Aplastamiento       | 13.047      | 183.680         | 7.10       | Punzonamiento | 19.592      | 219.639         | 8.92       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11559.20            | 31762.15            |
| Calculada para momentos negativos | 11559.20            | 31762.15            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 14.88  | 74.36      | 20.02      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 49.294 | 667        | 7.39       |

d) Medición

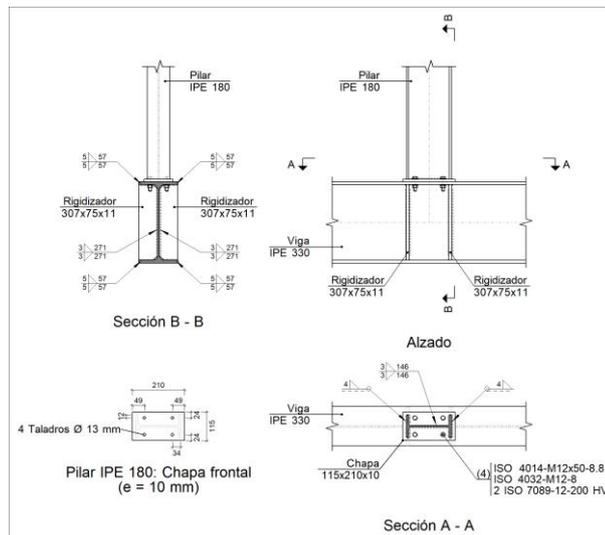
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 4                        | 6774                      |
|                      |           |           | 6                        | 4933                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 225x220x12       | 18.65     |
|          | Chapas        | 2        | 220x306x8        | 8.47      |
|          |               | 5        | 190x360x14       | 37.59     |
| Total    |               |          |                  | 64.71     |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 18       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 36       | ISO 7089-16     |

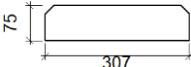
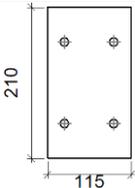
1.1.1.31.- Tipo 38

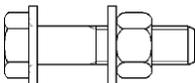
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Pilar    | IPE 180     |           | 180              | 91                 | 8                    | 5.3                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios    |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                        | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                              | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                  |  | 307        | 75         | 11           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Pilar IPE 180 |  | 115        | 210        | 10           | 4        | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4014-M12x50-8.8<br>ISO 4032-M12-8<br>2 ISO 7089-12-200 HV |  | M12      | 50            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Viga IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |                      |        |            |            |      |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------|------------|------------|------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |      |
| Panel                         | Esbitez              | --                   | --     | --         | 63.26      |      |
|                               | Cortante             | kN                   | 11.53  | 336.82     | 3.42       |      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 11.59  | 261.90     | 4.42       |      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 11.59  | 261.90     | 4.42       |      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 5.71   | 261.90     | 2.18       |      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 5.71   | 261.90     | 2.18       |      |
| Ala                           | Desgarro             | N/mm <sup>2</sup>    | 20.95  | 261.90     | 8.00       |      |
|                               | Cortante             | N/mm <sup>2</sup>    | 29.65  | 261.90     | 11.32      |      |
| Pilar IPE 180                 | Ala                  | Tracción por flexión | kN     | 1.63       | 97.11      | 1.68 |
|                               |                      | Tracción             | kN     | 0.38       | 177.42     | 0.21 |
|                               | Alma                 | Tracción             | kN     | 0.87       | 87.99      | 0.99 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                    |           |        |        |        |                 |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 5      | 57     | 11.0   | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 3      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 5      | 57     | 11.0   | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 3      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 5      | 57     | 11.0   | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 3      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 5      | 57     | 11.0   | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 3      | 271    | 7.5    | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                     | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                                  | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |                               |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |                    | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 8.4                                      | 8.4                                    | 2.6  | 17.4                          | 4.52               | 8.4                                      | 2.57          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 3.4  | 5.8                           | 1.51               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 8.4                                      | 8.4                                    | 2.6  | 17.4                          | 4.52               | 8.4                                      | 2.57          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 3.4  | 5.8                           | 1.51               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 3.2                                      | 3.2                                    | 2.5  | 7.8                           | 2.01               | 3.2                                      | 0.98          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 1.2  | 2.1                           | 0.55               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 3.2                                      | 3.2                                    | 2.5  | 7.8                           | 2.01               | 3.2                                      | 0.98          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                      | 0.0                                    | 1.2  | 2.1                           | 0.55               | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

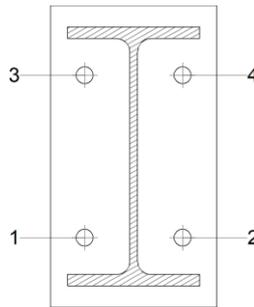
## 2) Pilar IPE 180

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 1.63   | 77.39      | 2.11       |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 7.20   | 182.43     | 3.95       |
|                               | Tracción             | kN       | 0.47   | 95.33      | 0.49       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 0.70   | 96.68      | 0.72       |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                     | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                                  | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |                               |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                                | 4                                      | 91   | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                                | 3                                      | 146  | 5.3                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                                | 4                                      | 91   | 8.0                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |                    | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior   | 15.3                                     | 15.3                                   | 2.7  | 30.9                          | 8.00               | 15.3                                     | 4.65          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 7.6                                      | 7.6                                    | 0.7  | 15.3                          | 3.95               | 7.6                                      | 2.32          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 15.3                                     | 15.3                                   | 2.7  | 30.9                          | 8.00               | 15.3                                     | 4.65          | 410.0                         | 0.85      |

## Comprobaciones para los tornillos

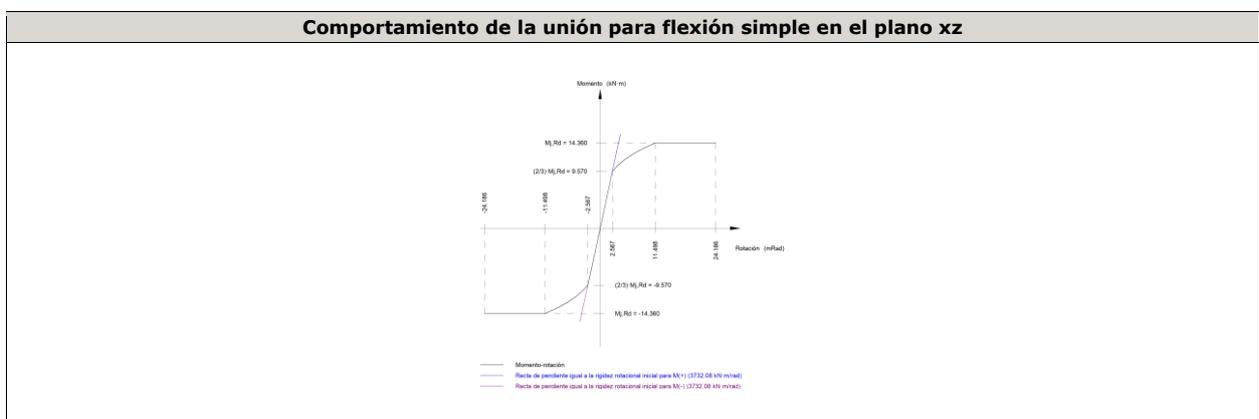


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 24                  | 113                 | 68                  | 23.8   |
| 2           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 24                  | 113                 | 68                  | 23.8   |
| 3           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 24                  | 113                 | 68                  | 23.8   |
| 4           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 24                  | 113                 | 68                  | 23.8   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 0.854       | 36.191          | 2.36       | Vástago       | 0.935       | 48.557          | 1.92       | 2.42                            | 2.42            |
|             | Aplastamiento       | 0.854       | 59.923          | 1.42       | Punzonamiento | 0.935       | 117.563         | 0.80       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 0.854       | 36.191          | 2.36       | Vástago       | 0.935       | 48.557          | 1.93       | 2.42                            | 2.42            |
|             | Aplastamiento       | 0.854       | 98.400          | 0.87       | Punzonamiento | 0.935       | 117.563         | 0.80       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 0.854       | 36.191          | 2.36       | Vástago       | 1.023       | 48.557          | 2.11       | 2.55                            | 2.55            |
|             | Aplastamiento       | 0.854       | 59.923          | 1.42       | Punzonamiento | 1.023       | 117.563         | 0.87       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 0.854       | 36.191          | 2.36       | Vástago       | 1.024       | 48.557          | 2.11       | 2.55                            | 2.55            |
|             | Aplastamiento       | 0.854       | 98.400          | 0.87       | Punzonamiento | 1.024       | 117.563         | 0.87       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 1012.67             | 3732.08             |
| Calculada para momentos negativos | 1012.67             | 3732.08             |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.53   | 1.80       | 84.99      |
| Momento resistente         | kNm      | 0.00   | 14.36      | 0.00       |
| Capacidad de rotación      | mRad     | --     | 667        | 0.00       |

d) Medición

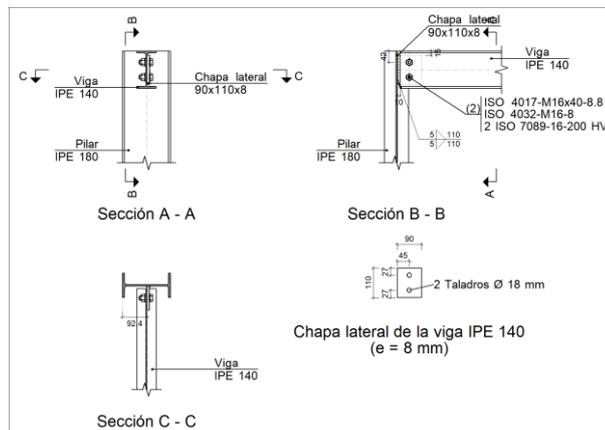
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 3                        | 2460                      |
|             |           |           | 4                        | 349                       |
|             |           |           | 5                        | 912                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 307x75x11        | 7.95      |
|          | Chapas        | 1        | 115x210x10       | 1.90      |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 4        | ISO 4014-M12x50 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 4        | ISO 4032-M12    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 8        | ISO 7089-12     |

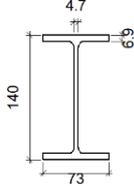
1.1.1.32.- Tipo 39

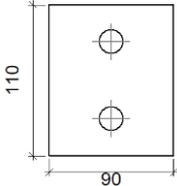
a) Detalle

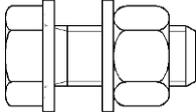


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | IPE 180     |           | 180              | 91                 | 8                    | 5.3                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 140     |  | 140              | 73                 | 6.9                  | 4.7                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios   |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga IPE 140 |  | 90         | 110        | 8            | 2        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x40-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 40            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 180

| Comprobaciones de resistencia |            |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
|                               | Componente | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Viga IPE 140                  | Alma       | Punzonamiento                    | kN       | 3.42   | 246.16     | 1.39       |
|                               |            | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 3.42   | 27.88      | 12.25      |

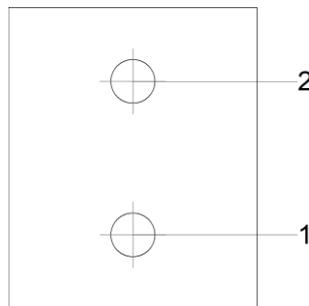
2) Viga IPE 140

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.24       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 31.20      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 67.97  | 228.15     | 29.79      |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 20.45  | 69.93      | 29.24      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 23.27  | 89.52      | 26.00      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 20.45  | 42.18      | 48.47      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 23.27  | 80.62      | 28.86      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.                                 | En ángulo                           | 5                                   | 110                                  | 5.3                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.                                 | 2.1                                 | 2.1                                 | 20.9                                 | 36.5                       | 9.46            | 2.2                                 | 0.67       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x40-8.8 | 18.0                | 27                  | 35                  | 56                  | --                  | 27.0   |
| 2           | ISO 4017-M16x40-8.8 | 18.0                | 27                  | 35                  | 56                  | --                  | 27.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 20.446      | 50.240          | 40.70      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 40.70                           | 40.70           |
|             | Aplastamiento       | 20.446      | 69.929          | 29.24      | Punzonamiento | 0.000       | 73.736          | 0.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 23.204      | 50.240          | 46.19      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 46.19                           | 46.19           |
|             | Aplastamiento       | 23.204      | 86.189          | 26.92      | Punzonamiento | 0.000       | 73.736          | 0.00       |                                 |                 |

d) Medición

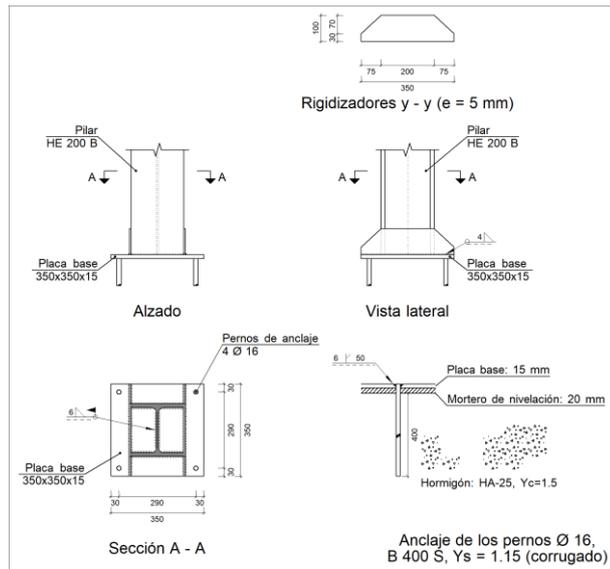
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 5                        | 220                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 90x110x8         | 0.62      |
|          |        |          |                  | Total     |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 2        | ISO 4017-M16x40 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 2        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 4        | ISO 7089-16     |

1.1.1.33.- Tipo 40

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |            |       |                      |                      |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |            | Acero |                      |                      |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Placa base                |           | 350        | 350        | 15           | 4        | 28                     | 18                     | 6          | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador               |           | 350        | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0                | 410.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas      |           |        |        |        |                 |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                            | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura perimetral a la placa | En ángulo | 6      | 978    | 9.0    | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |  |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               | Tensión normal     |  | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) |  |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  | 410.0                                  | 0.85           |

2) Placa de anclaje

| Referencia:   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 48 mm<br>Calculado: 291 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 30 mm  | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 43.3  | Cumple                               |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 18 cm<br>Calculado: 40 cm  | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br><br>- Cortante:<br><br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 54.71 kN<br>Calculado: 42.14 kN<br><br>Máximo: 38.29 kN<br>Calculado: 4.84 kN<br><br>Máximo: 54.71 kN<br>Calculado: 49.06 kN | Cumple<br><br>Cumple<br><br>Cumple   |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 64.32 kN<br>Calculado: 38.72 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 196.943 MPa  | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 125.71 kN<br>Calculado: 4.29 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br><br>Calculado: 138.195 MPa<br>Calculado: 150.821 MPa<br>Calculado: 199.523 MPa<br>Calculado: 199.148 MPa      | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br><br>Calculado: 951.557<br>Calculado: 706.69<br>Calculado: 6091.84<br>Calculado: 6103.64                               | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 0 MPa  | Cumple                               |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                                      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |                        |        |                            |        |        |                 |  |  |  |
|---|------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|-----------------|--|--|--|
| Ref.  | Tipo                   | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |
| Rigidizador y-y (x = -103): Soldadura a la placa base | En ángulo              | 4      | --                         | 350    | 5.0    | 90.00           |  |  |  |
| Rigidizador y-y (x = 103): Soldadura a la placa base  | En ángulo              | 4      | --                         | 350    | 5.0    | 90.00           |  |  |  |
| Soldadura de los pernos a la placa base               | De penetración parcial | --     | 6                          | 50     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                           |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = -103): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 103): Soldadura a la placa base  | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de los pernos a la placa base               | 0.0                                 | 0.0                                 | 192.6                                | 333.5                      | 86.43      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

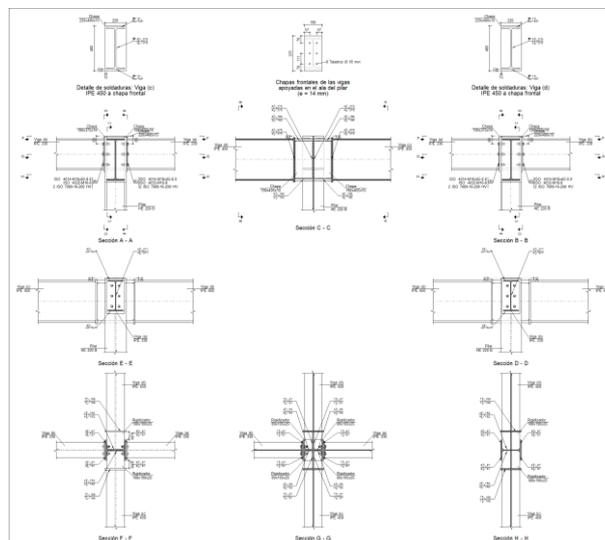
d) Medición

| Soldaduras           |                        |   |                          |                           |
|----------------------|------------------------|---|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo                                       | 4                        | 1340                      |
|                      |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 6                        | 201                       |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 6                        | 978                       |

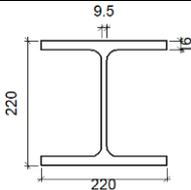
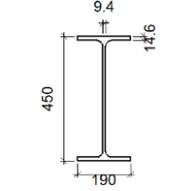
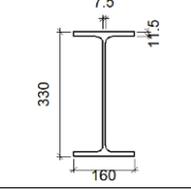
| Placas de anclaje                          |                        |          |                  |           |
|--|------------------------|----------|------------------|-----------|
| Material                                   | Elementos              | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275                                       | Placa base             | 1        | 350x350x15       | 14.42     |
|  | Rigidizadores pasantes | 2        | 350/200x100/30x5 | 2.34      |
|  | Total                  |          |                  | 16.76     |
| B 400 S, Y <sub>s</sub> = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje      | 4        | Ø 16 - L = 451   | 2.85      |
|  | Total                  |          |                  | 2.85      |

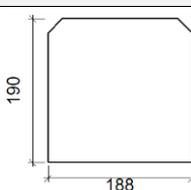
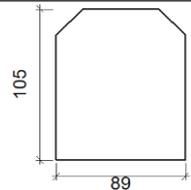
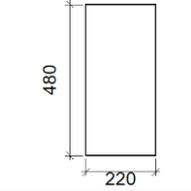
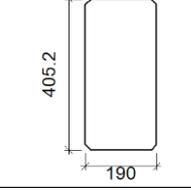
1.1.1.34.- Tipo 41

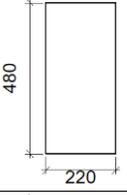
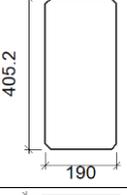
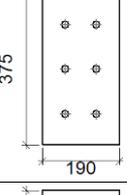
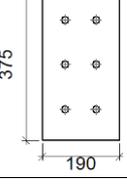
a) Detalle

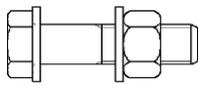


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 220 B    |  | 220              | 220                | 16                   | 9.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 450     |  | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |  | 188        | 190        | 25           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |  | 89         | 105        | 25           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 450 |  | 220        | 480        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 450 |  | 190        | 405.2      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |  |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|--|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría  |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema  | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (d) IPE 450 |   | 220        | 480        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (d) IPE 450 |   | 190        | 405.2      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |   | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 30.58      |
|                                   | Cortante                       | kN                | 21.24  | 284.43     | 7.47       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 242.46 | 261.90     | 92.58      |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 24.24  | 261.90     | 9.25       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 238.82 | 261.90     | 91.19      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 255.71 | 261.90     | 97.63      |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 24.10  | 261.90     | 9.20       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 254.07 | 261.90     | 97.01      |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 450] | Cortante                       | kN                | 45.70  | 241.94     | 18.89      |
| Chapa frontal [Viga (d) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |

|                  |                                   | Deformación admisible | mRad              | --     | 2      | 0.00  |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|--------|--------|-------|
|                  | Chapa vertical [Viga (d) IPE 450] | Cortante              | kN                | 44.40  | 241.94 | 18.35 |
|                  | Ala                               | Desgarro              | N/mm <sup>2</sup> | 198.25 | 261.90 | 75.70 |
|                  |                                   | Cortante              | N/mm <sup>2</sup> | 240.12 | 261.90 | 91.68 |
| Viga (a) IPE 330 | Ala                               | Tracción por flexión  | kN                | 127.77 | 180.86 | 70.65 |
|                  |                                   | Tracción              | kN                | 28.60  | 507.43 | 5.64  |
|                  | Alma                              | Tracción              | kN                | 70.57  | 137.26 | 51.42 |
| Viga (b) IPE 330 | Ala                               | Tracción por flexión  | kN                | 128.11 | 180.86 | 70.83 |
|                  |                                   | Tracción              | kN                | 28.67  | 507.43 | 5.65  |
|                  | Alma                              | Tracción              | kN                | 70.76  | 137.26 | 51.55 |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 8      | 87     | 16.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 7      | 87     | 16.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 53     | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 7      | 87     | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 53     | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 8      | 87     | 16.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 9      | 87     | 16.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 7      | 87     | 16.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 53     | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 7      | 87     | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 53     | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 9      | 87     | 16.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 375    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 375    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 160    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 160    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 375    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 375    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 160    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 160    | 10.0   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                              |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | 34.6                                | 34.6                                | 216.9                                | 382.0                      | 98.99      | 34.8                                | 10.62      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | 0.0                                 | 0.0                                 | 8.9                                  | 15.5                       | 4.01       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | 150.1                               | 150.1                               | 0.0                                  | 300.3                      | 77.82      | 150.1                               | 45.77      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | 30.6                                | 30.6                                | 0.1                                  | 61.2                       | 15.86      | 30.6                                | 9.33       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 22.5                                 | 38.9                       | 10.08      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 22.5                                 | 38.9                       | 10.08      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | 0.0                                 | 0.0                                 | 215.4                                | 373.2                      | 96.70      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | 0.0                                 | 0.0                                 | 0.8                                  | 1.4                        | 0.37       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | 148.9                               | 148.9                               | 0.0                                  | 297.7                      | 77.15      | 148.9                               | 45.38      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | 31.0                                | 31.0                                | 203.5                                | 357.8                      | 92.73      | 31.0                                | 9.45       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                              |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.0                                    | 24.3                          | 6.30          | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | 159.5                                  | 159.5                                  | 0.0                                     | 319.1                         | 82.69         | 159.6                                  | 48.64         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | 30.4                                   | 30.4                                   | 0.1                                     | 60.9                          | 15.77         | 30.4                                   | 9.28          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.5                                    | 25.1                          | 6.51          | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.5                                    | 25.1                          | 6.51          | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | 0.0                                    | 0.0                                    | 203.7                                   | 352.9                         | 91.45         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | 0.0                                    | 0.0                                    | 0.3                                     | 0.5                           | 0.13          | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | 159.5                                  | 159.5                                  | 0.0                                     | 319.0                         | 82.68         | 159.5                                  | 48.63         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 30.1                                    | 52.1                          | 13.51         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | 0.0                                    | 0.0                                    | 30.1                                    | 52.1                          | 13.51         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | 0.0                                    | 0.0                                    | 35.7                                    | 61.9                          | 16.03         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | 0.0                                    | 0.0                                    | 35.7                                    | 61.9                          | 16.03         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 29.2                                    | 50.6                          | 13.12         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | 0.0                                    | 0.0                                    | 29.2                                    | 50.6                          | 13.12         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | 0.0                                    | 0.0                                    | 34.7                                    | 60.1                          | 15.57         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | 0.0                                    | 0.0                                    | 34.7                                    | 60.1                          | 15.57         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 127.77 | 179.75     | 71.08      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 174.55 | 481.90     | 36.22      |
|                               | Tracción             | kN       | 27.65  | 240.95     | 11.48      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 72.47  | 177.84     | 40.75      |

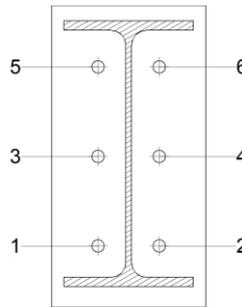
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|-----------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala superior  | 77.6                                   | 77.6                                   | 0.0                                     | 155.1                         | 40.20         | 77.6                                   | 23.65         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 81.5                                   | 81.5                                   | 35.9                                    | 174.4                         | 45.20         | 81.5                                   | 24.84         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 51.8                                   | 51.8                                   | 0.0                                     | 103.7                         | 26.87         | 51.8                                   | 15.80         | 410.0                                  | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

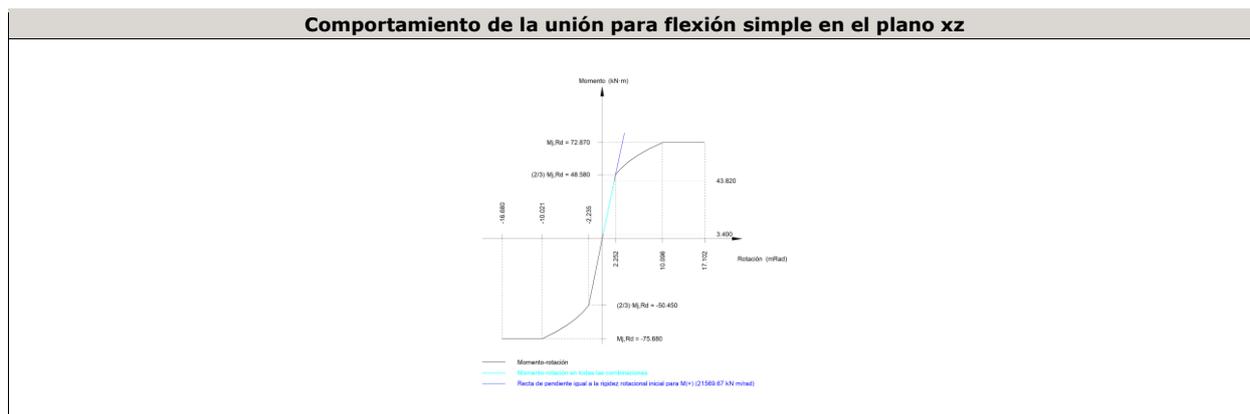


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 18.990      | 64.340          | 29.52      | Vástago       | 7.186       | 90.432          | 7.95       | 29.52                           | 29.52           |
|             | Aplastamiento       | 18.990      | 183.680         | 10.34      | Punzonamiento | 7.186       | 219.639         | 3.27       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 20.068      | 64.340          | 31.19      | Vástago       | 7.229       | 90.432          | 7.99       | 31.19                           | 31.19           |
|             | Aplastamiento       | 20.068      | 183.680         | 10.93      | Punzonamiento | 7.229       | 219.639         | 3.29       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 12.996      | 64.340          | 20.20      | Vástago       | 44.071      | 90.432          | 48.73      | 54.99                           | 54.99           |
|             | Aplastamiento       | 12.996      | 183.680         | 7.08       | Punzonamiento | 44.071      | 219.639         | 20.07      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 12.986      | 64.340          | 20.18      | Vástago       | 44.232      | 90.432          | 48.91      | 55.11                           | 55.11           |
|             | Aplastamiento       | 12.986      | 183.680         | 7.07       | Punzonamiento | 44.232      | 219.639         | 20.14      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 12.996      | 64.340          | 20.20      | Vástago       | 64.159      | 90.432          | 70.95      | 70.86                           | 70.95           |
|             | Aplastamiento       | 12.996      | 183.680         | 7.08       | Punzonamiento | 64.159      | 219.639         | 29.21      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 12.986      | 64.340          | 20.18      | Vástago       | 64.287      | 90.432          | 71.09      | 70.95                           | 71.09           |
|             | Aplastamiento       | 12.986      | 183.680         | 7.07       | Punzonamiento | 64.287      | 219.639         | 29.27      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 13394.28               | 21569.67               |
| Calculada para momentos negativos | 13394.28               | 22569.33               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16    | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 43.82   | 72.87      | 60.14      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 118.804 | 667        | 17.82      |

3) Viga (b) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 128.11 | 179.75     | 71.27      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 174.75 | 481.90     | 36.26      |
|               | Tracción             | kN       | 27.72  | 240.95     | 11.51      |
| Alma          | Tracción             | kN       | 72.66  | 177.84     | 40.86      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

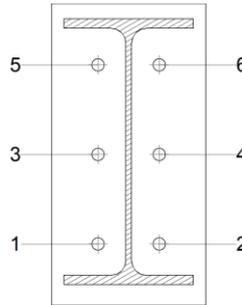
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 77.8                                | 77.8                                | 0.0                                  | 155.5                      | 40.31      | 77.8                                | 23.71      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 81.7                                | 81.7                                | 36.0                                 | 174.8                      | 45.31      | 81.7                                | 24.90      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 51.9                                | 51.9                                | 0.0                                  | 103.7                      | 26.87      | 51.9                                | 15.81      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

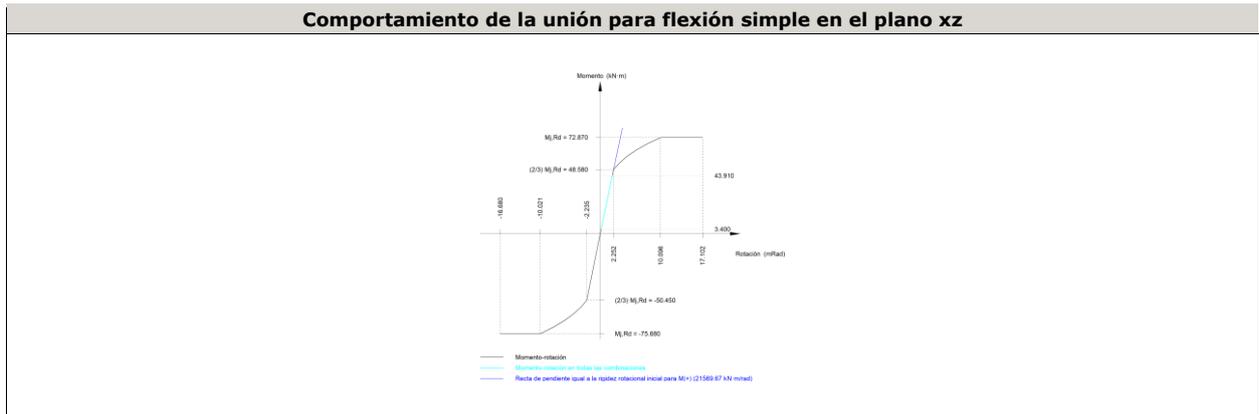


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 111                    | 76                     | 33.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 20.068      | 64.340          | 31.19      | Vástago       | 7.228       | 90.432          | 7.99       | 31.19                           | 31.19           |
|             | Aplastamiento       | 20.068      | 183.680         | 10.93      | Punzonamiento | 7.228       | 219.639         | 3.29       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 18.991      | 64.340          | 29.52      | Vástago       | 7.231       | 90.432          | 8.00       | 29.52                           | 29.52           |
|             | Aplastamiento       | 18.991      | 183.680         | 10.34      | Punzonamiento | 7.231       | 219.639         | 3.29       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 12.991      | 64.340          | 20.19      | Vástago       | 44.338      | 90.432          | 49.03      | 55.21                           | 55.21           |
|             | Aplastamiento       | 12.991      | 183.680         | 7.07       | Punzonamiento | 44.338      | 219.639         | 20.19      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 13.002      | 64.340          | 20.21      | Vástago       | 44.206      | 90.432          | 48.88      | 55.12                           | 55.12           |
|             | Aplastamiento       | 13.002      | 183.680         | 7.08       | Punzonamiento | 44.206      | 219.639         | 20.13      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 12.991      | 64.340          | 20.19      | Vástago       | 64.457      | 90.432          | 71.28      | 71.10                           | 71.28           |
|             | Aplastamiento       | 12.991      | 183.680         | 7.07       | Punzonamiento | 64.457      | 219.639         | 29.35      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 13.002      | 64.340          | 20.21      | Vástago       | 64.348      | 90.432          | 71.16      | 71.03                           | 71.16           |
|             | Aplastamiento       | 13.002      | 183.680         | 7.08       | Punzonamiento | 64.348      | 219.639         | 29.30      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 13394.28               | 21569.67               |
| Calculada para momentos negativos | 13394.28               | 22569.33               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16    | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 43.91   | 72.87      | 60.26      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 119.038 | 667        | 17.86      |

4) Viga (c) IPE 450

Cordones de soldadura

| <b>Comprobaciones geométricas</b> |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|-----------------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                              | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior        | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma                | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior        | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |  |  |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

| <b>Comprobación de resistencia</b> |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                               | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                                    | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior         | 178.0                                 | 178.0                               | 0.0                              | 355.9                      | 92.24      | 178.0                                 | 54.26      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma                 | 0.0                                   | 0.0                                 | 23.8                             | 41.3                       | 10.71      | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior         | 176.5                                 | 176.5                               | 0.0                              | 353.0                      | 91.47      | 176.5                                 | 53.81      | 410.0                      | 0.85      |

5) Viga (d) IPE 450

Cordones de soldadura

| <b>Comprobaciones geométricas</b> |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|-----------------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                              | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior        | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma                | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior        | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |  |  |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

| <b>Comprobación de resistencia</b> |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                               | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                                    | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior         | 189.0                                 | 189.0                               | 0.0                              | 378.0                      | 97.96      | 189.0                                 | 57.63      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma                 | 0.0                                   | 0.0                                 | 23.2                             | 40.1                       | 10.40      | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |

| Comprobación de resistencia |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|-----------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala inferior  | 189.0                                  | 189.0                                  | 0.0                                     | 378.0                         | 97.95         | 189.0                                  | 57.62         | 410.0                                  | 0.85           |

d) Medición

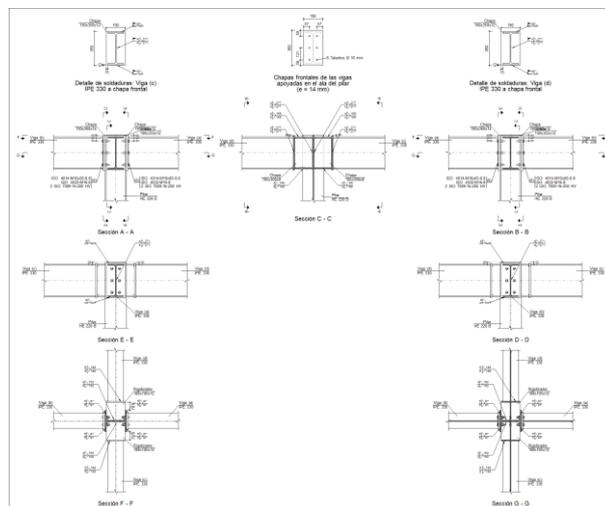
| Soldaduras              |                        |           |                             |                              |
|-------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller              | En ángulo | 4                           | 7006                         |
|                         |                        |           | 6                           | 1198                         |
|                         |                        |           | 7                           | 3152                         |
|                         |                        |           | 8                           | 698                          |
|                         |                        |           | 9                           | 698                          |
|                         | En el lugar de montaje | En ángulo | 5                           | 1515                         |
|                         |                        |           | 7                           | 1431                         |

| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 188x190x25          | 28.04        |
|          |               | 4        | 89x105x25           | 7.34         |
|          | Chapas        | 2        | 190x405x10          | 12.09        |
|          |               | 2        | 190x375x14          | 15.66        |
|          |               | 2        | 220x480x15          | 24.87        |
|          |               | Total    |                     |              |

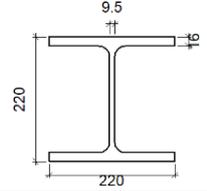
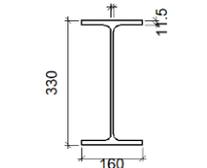
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4014-M16x65 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

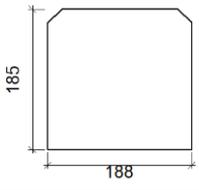
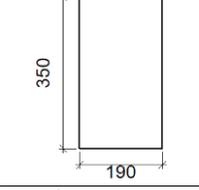
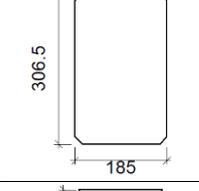
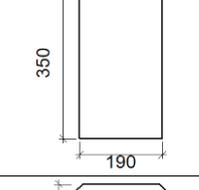
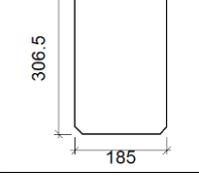
1.1.1.35.- Tipo 42

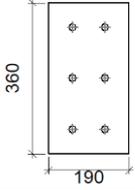
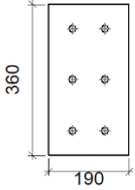
a) Detalle

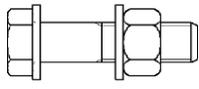


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 220 B    |  | 220              | 220                | 16                   | 9.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 188        | 185        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 190        | 350        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 185        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (d) IPE 330 |  | 190        | 350        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (d) IPE 330 |  | 185        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios       |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                           | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                                 | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbitez                        | --                   | --     | --         | 30.58      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 60.51  | 427.29     | 14.16      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 52.65  | 261.90     | 20.10      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 84.91  | 261.90     | 32.42      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 50.95  | 261.90     | 19.45      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 37.32  | 261.90     | 14.25      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 14.81  | 187.50     | 7.90       |       |
| Chapa frontal [Viga (d) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (d) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 6.92   | 187.50     | 3.69       |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 141.18 | 261.90     | 53.91      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 58.69  | 261.90     | 22.41      |       |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 80.89      | 180.86     | 44.72 |
|                                   | Ala                            | Tracción             | kN     | 17.17      | 255.89     | 6.71  |
| Viga (b) IPE 330                  | Alma                           | Tracción             | kN     | 46.55      | 142.89     | 32.58 |
|                                   | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 80.49      | 180.86     | 44.51 |
|                                   | Ala                            | Tracción             | kN     | 17.08      | 255.89     | 6.68  |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 46.31      | 142.89     | 32.41 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 87     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 152    | 9.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 155    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 155    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 155    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 155    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 30.0                                | 30.0                                | 0.1                                  | 59.9                       | 15.53      | 30.0                                | 9.13       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 16.7                                 | 28.9                       | 7.49       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 13.4                                | 13.4                                | 0.3                                  | 26.8                       | 6.94       | 13.4                                | 4.08       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 7.1                                 | 7.1                                 | 48.7                                 | 85.5                       | 22.16      | 22.8                                | 6.96       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 19.4                                 | 33.6                       | 8.70       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 29.4                                | 29.4                                | 0.3                                  | 58.9                       | 15.25      | 29.4                                | 8.97       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 30.0                                | 30.0                                | 1.0                                  | 60.0                       | 15.55      | 30.0                                | 9.15       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 16.0                                 | 27.8                       | 7.20       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 15.6                                | 15.6                                | 0.2                                  | 31.1                       | 8.07       | 15.6                                | 4.74       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 24.4                                | 24.4                                | 8.3                                  | 50.8                       | 13.16      | 24.4                                | 7.43       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 20.2                                 | 35.0                       | 9.06       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 8.9                                 | 8.9                                 | 0.2                                  | 17.8                       | 4.62       | 8.9                                 | 2.72       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.1                       | 4.68       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.1                       | 4.68       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.9                                 | 20.7                       | 5.36       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.9                                 | 20.7                       | 5.36       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 4.9                                  | 8.4                        | 2.18       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 4.9                                  | 8.4                        | 2.18       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 5.6                                  | 9.7                        | 2.51       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 5.6                                  | 9.7                        | 2.51       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 80.89  | 180.86     | 44.72      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 106.69 | 481.90     | 22.14      |
|                               | Tracción             | kN       | 21.68  | 240.95     | 9.00       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 37.52  | 151.81     | 24.72      |

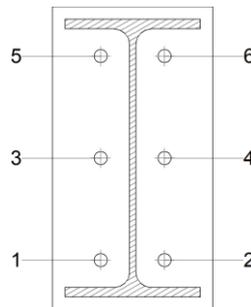
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 49.1                                | 49.1                                | 0.0                                  | 98.2                       | 25.45      | 49.1                                | 14.97      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 58.7                                | 58.7                                | 29.0                                 | 127.7                      | 33.08      | 58.7                                | 17.88      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 39.5                                | 39.5                                | 0.5                                  | 79.0                       | 20.46      | 39.5                                | 12.03      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



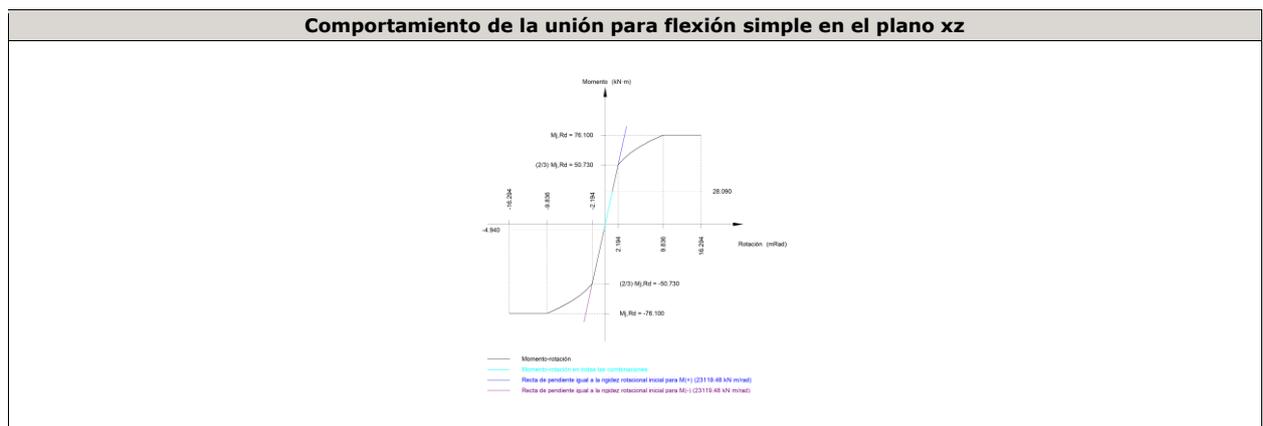
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 57                  | 121                 | 76                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 57                  | 121                 | 76                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 57                  | 121                 | 76                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 57                  | 121                 | 76                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 57                  | 121                 | 76                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 57                  | 121                 | 76                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 19.402      | 64.340          | 30.16      | Vástago       | 12.656      | 90.432          | 14.00      | 30.16   | 30.16           |
|             | Aplastamiento       | 19.402      | 183.680         | 10.56      | Punzonamiento | 12.656      | 219.639         | 5.76       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 19.437      | 64.340          | 30.21      | Vástago       | 12.455      | 90.432          | 13.77      | 30.21   | 30.21           |
|             | Aplastamiento       | 19.437      | 183.680         | 10.58      | Punzonamiento | 12.455      | 219.639         | 5.67       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 10.516      | 64.340          | 16.34      | Vástago       | 26.545      | 90.432          | 29.35      | 37.27   | 37.27           |
|             | Aplastamiento       | 10.516      | 183.680         | 5.73       | Punzonamiento | 26.545      | 219.639         | 12.09      |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 10.516      | 64.340          | 16.34      | Vástago       | 26.545      | 90.432          | 29.35      | 37.27   | 37.27           |
|             | Aplastamiento       | 10.516      | 183.680         | 5.73       | Punzonamiento | 26.545      | 219.639         | 12.09      |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 10.516      | 64.340          | 16.34      | Vástago       | 40.450      | 90.432          | 44.73      | 48.26   | 48.26           |
|             | Aplastamiento       | 10.516      | 183.680         | 5.73       | Punzonamiento | 40.450      | 219.639         | 18.42      |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 10.516      | 64.340          | 16.34      | Vástago       | 40.450      | 90.432          | 44.73      | 48.26   | 48.26           |

| Resistencia |               |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
|             | Aplastamiento | 10.516      | 183.680         | 5.73       | Punzonamiento | 40.450      | 219.639         | 18.42      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11376.55            | 23119.48            |
| Calculada para momentos negativos | 11376.55            | 23119.48            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16   | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 28.08  | 76.10      | 36.90      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 74.550 | 667        | 11.18      |

3) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 80.49  | 180.86     | 44.51      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 106.45 | 481.90     | 22.09      |
|                               | Tracción             | kN       | 21.57  | 240.95     | 8.95       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 37.33  | 151.81     | 24.59      |

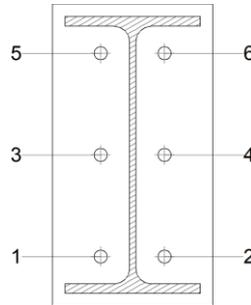
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
 l: Longitud efectiva  
 t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 48.9                                | 48.9                                | 0.0                                  | 97.7                       | 25.32      | 48.9                                | 14.90      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 58.4                                | 58.4                                | 29.0                                 | 127.1                      | 32.94      | 58.4                                | 17.80      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 39.5                                | 39.5                                | 0.5                                  | 79.0                       | 20.47      | 39.5                                | 12.04      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

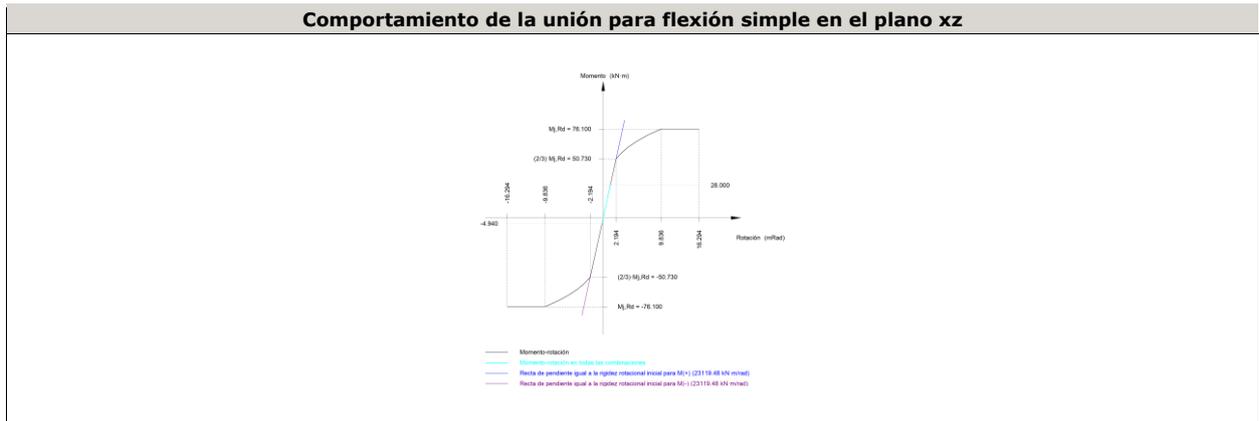


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 57                     | 121                    | 76                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 19.439      | 64.340          | 30.21      | Vástago       | 12.453      | 90.432          | 13.77      | 30.21                           | 30.21           |
|             | Aplastamiento       | 19.439      | 183.680         | 10.58      | Punzonamiento | 12.453      | 219.639         | 5.67       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 19.403      | 64.340          | 30.16      | Vástago       | 12.655      | 90.432          | 13.99      | 30.16                           | 30.16           |
|             | Aplastamiento       | 19.403      | 183.680         | 10.56      | Punzonamiento | 12.655      | 219.639         | 5.76       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 10.507      | 64.340          | 16.33      | Vástago       | 26.407      | 90.432          | 29.20      | 37.15                           | 37.15           |
|             | Aplastamiento       | 10.507      | 183.680         | 5.72       | Punzonamiento | 26.407      | 219.639         | 12.02      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 10.507      | 64.340          | 16.33      | Vástago       | 26.407      | 90.432          | 29.20      | 37.15                           | 37.15           |
|             | Aplastamiento       | 10.507      | 183.680         | 5.72       | Punzonamiento | 26.407      | 219.639         | 12.02      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 10.507      | 64.340          | 16.33      | Vástago       | 40.247      | 90.432          | 44.51      | 48.08                           | 48.08           |
|             | Aplastamiento       | 10.507      | 183.680         | 5.72       | Punzonamiento | 40.247      | 219.639         | 18.32      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 10.507      | 64.340          | 16.33      | Vástago       | 40.247      | 90.432          | 44.51      | 48.08                           | 48.08           |
|             | Aplastamiento       | 10.507      | 183.680         | 5.72       | Punzonamiento | 40.247      | 219.639         | 18.32      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11376.55               | 23119.48               |
| Calculada para momentos negativos | 11376.55               | 23119.48               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.16   | 1.80       | 64.70      |
| Momento resistente         | kNm      | 27.99  | 76.10      | 36.79      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 74.315 | 667        | 11.15      |

4) Viga (c) IPE 330

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 25.0                                | 25.0                                | 0.3                                  | 50.1                       | 12.98      | 25.0                                | 7.63       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.6                                 | 18.4                       | 4.77       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 43.6                                | 43.6                                | 0.3                                  | 87.2                       | 22.60      | 43.6                                | 13.29      | 410.0                               | 0.85           |

5) Viga (d) IPE 330

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 28.2                                | 28.2                                | 0.3                                  | 56.3                       | 14.60      | 28.2                                | 8.59       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|-----------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del alma          | 0.0                                    | 0.0                                    | 5.0                                     | 8.6                           | 2.23          | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 20.4                                   | 20.4                                   | 0.3                                     | 40.7                          | 10.56         | 20.4                                   | 6.21          | 410.0                                  | 0.85           |

d) Medición

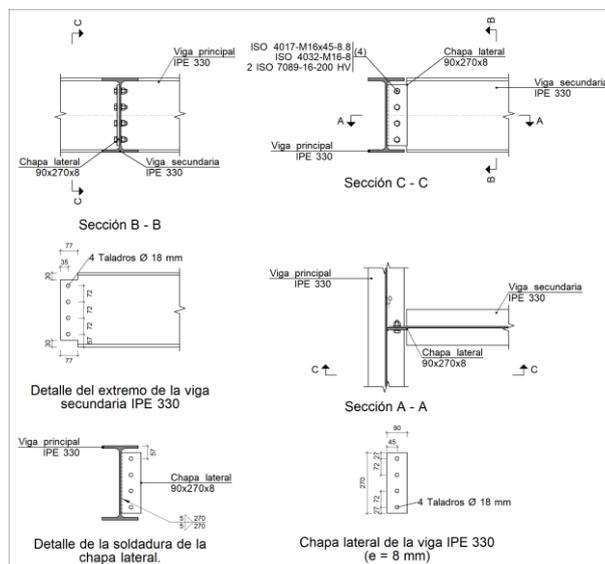
| Soldaduras              |                        |           |                             |                              |
|-------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller              | En ángulo | 4                           | 5752                         |
|                         |                        |           | 6                           | 4114                         |
|                         | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 1084                         |
|                         |                        |           | 6                           | 1198                         |

| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 188x185x12          | 13.11        |
|          | Chapas        | 2        | 185x306x8           | 7.12         |
|          |               | 2        | 190x350x12          | 12.53        |
|          |               | 2        | 190x360x14          | 15.03        |
|          | Total         |          |                     |              |

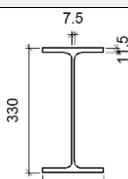
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4014-M16x65 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

1.1.1.36.- Tipo 43

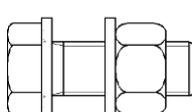
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría   |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios              |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                  | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga secundaria IPE 330 |  | 90         | 270        | 8            | 4        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x45-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 45            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Viga principal

| Comprobaciones de resistencia |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Punzonamiento                    | kN       | 10.67  | 157.33     | 6.78       |
|                               | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 10.67  | 412.64     | 2.58       |

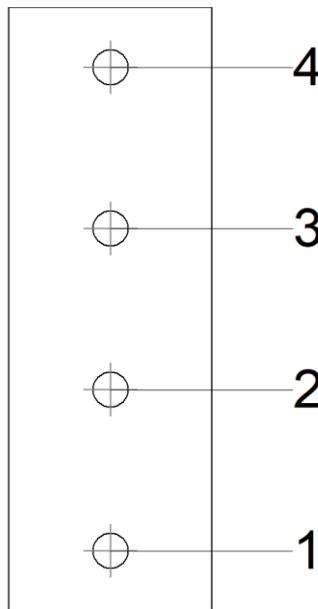
2) Viga secundaria IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.08       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 7.20       |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 9.94   | 228.15     | 4.36       |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 4.55   | 64.98      | 7.00       |
|                               | Desgarro                       | kN                | 15.81  | 239.52     | 6.60       |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 5.68   | 67.68      | 8.39       |
|                               | Desgarro                       | kN                | 15.81  | 224.55     | 7.04       |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 16.04  | 187.70     | 8.55       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | En ángulo                           | 5                                   | 270                                  | 7.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | 6.2                                 | 6.3                                 | 5.1                                  | 15.4                       | 4.00            | 6.3                                 | 1.93       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 27                  | 35                  | 72                  | --                  | 27.0   |
| 2           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | --                  | 35                  | 72                  | --                  | 45.0   |
| 3           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | --                  | 35                  | 72                  | --                  | 45.0   |
| 4           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 27                  | 35                  | 72                  | --                  | 27.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.529       | 50.240          | 7.02       | Vástago       | 0.196       | 90.432          | 0.22       | 7.16                            | 7.16            |
|             | Aplastamiento       | 3.529       | 53.128          | 6.64       | Punzonamiento | 0.196       | 117.664         | 0.17       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 3.615       | 50.240          | 7.20       | Vástago       | 0.196       | 90.432          | 0.22       | 7.33                            | 7.33            |
|             | Aplastamiento       | 3.615       | 103.087         | 3.51       | Punzonamiento | 0.196       | 117.664         | 0.17       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.436       | 50.240          | 8.83       | Vástago       | 0.196       | 90.432          | 0.22       | 8.97                            | 8.97            |
|             | Aplastamiento       | 4.436       | 96.949          | 4.58       | Punzonamiento | 0.196       | 117.664         | 0.17       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.681       | 50.240          | 11.31      | Vástago       | 0.196       | 90.432          | 0.22       | 11.45                           | 11.45           |
|             | Aplastamiento       | 4.551       | 64.985          | 7.00       | Punzonamiento | 0.196       | 117.664         | 0.17       |                                 |                 |

d) Medición

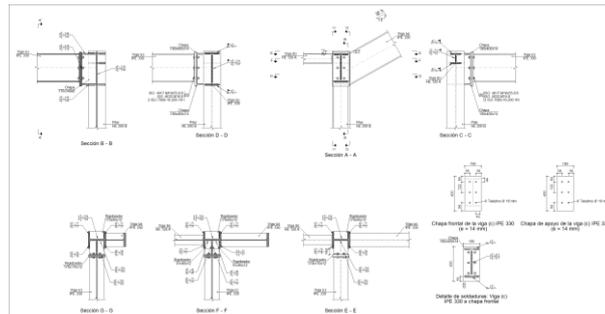
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 5                        | 540                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 90x270x8         | 1.53      |
|          | Total  |          |                  | 1.53      |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 4        | ISO 4017-M16x45 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 4        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 8        | ISO 7089-16     |

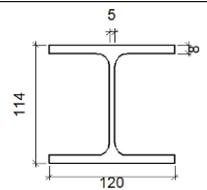
1.1.1.37.- Tipo 45

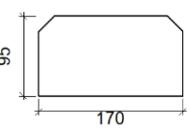
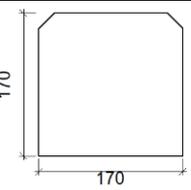
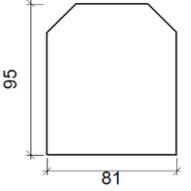
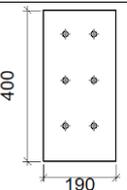
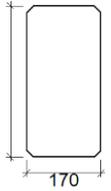
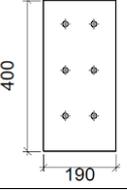
a) Detalle

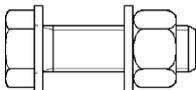


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |           | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Viga     | HE 120 A    |  | 114              | 120                | 8                    | 5                     | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 170        | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                                |   | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                                |  | 81         | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 190        | 400        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 170        | 348.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 400        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |      |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |      |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 29.19      |      |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 99.91  | 322.68     | 30.96      |      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 36.90  | 261.90     | 14.09      |      |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 56.38  | 261.90     | 21.53      |      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 51.48  | 261.90     | 19.65      |      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 56.05  | 261.90     | 21.40      |      |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 44.37  | 261.90     | 16.94      |      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 48.02  | 261.90     | 18.34      |      |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |      |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | 0.204  | 2          | 10.19      |      |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 29.65  | 169.36     | 17.51      |      |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 84.97  | 261.90     | 32.44      |      |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 78.81  | 261.90     | 30.09      |      |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 3.87       | 251.43     | 1.54 |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 15.91      | 180.86     | 8.80 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 8.17       | 166.34     | 4.91 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 319    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 319    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |  |                |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                              | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |  |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>∥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 26.1                                   | 26.1                                   | 0.3                                    | 52.2                          | 13.52              | 26.1                                   | 7.95          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 16.0                                   | 27.8                          | 7.20               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 39.8                                   | 39.8                                   | 1.5                                    | 79.7                          | 20.65              | 39.8                                   | 12.14         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 33.2                                   | 57.5                          | 14.90              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 36.3                                   | 36.3                                   | 1.7                                    | 72.7                          | 18.85              | 36.3                                   | 11.08         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 41.6                                   | 72.1                          | 18.69              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 38.1                                   | 38.1                                   | 8.0                                    | 77.5                          | 20.08              | 38.1                                   | 11.63         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 27.8                                   | 48.2                          | 12.49              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 6.2                                    | 6.2                                    | 0.1                                    | 12.5                          | 3.23               | 6.2                                    | 1.90          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 31.1                                   | 31.1                                   | 1.2                                    | 62.3                          | 16.14              | 31.1                                   | 9.49          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 38.4                                   | 66.6                          | 17.25              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | La comprobación no procede.            |  |  |                               |                    |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 38.4                                   | 66.6                          | 17.25              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 26.2                                   | 26.2                                   | 17.7                                   | 60.6                          | 15.71              | 28.1                                   | 8.57          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 32.5                                   | 56.3                          | 14.59              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 6.1                                    | 6.1                                    | 0.0                                    | 12.1                          | 3.14               | 6.1                                    | 1.84          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 8.4                                    | 14.5                          | 3.75               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                    | 0.0                                    | 8.4                                    | 14.5                          | 3.75               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 26.5                                   | 45.9                          | 11.88              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 10.0                                   | 17.4                          | 4.50               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

2) Viga (b) HE 120 A

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |  |                |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                              | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                              | 4                                      | 120                                    | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                              | 3                                      | 74                                     | 5.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                              | 4                                      | 120                                    | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |  |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>∥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala superior   | 84.6                                   | 84.6                                   | 0.9                                    | 169.2                         | 43.83              | 84.6                                   | 25.78         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 48.2                                   | 48.2                                   | 20.3                                   | 102.6                         | 26.58              | 48.2                                   | 14.69         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 87.2                                   | 87.2                                   | 0.5                                    | 174.5                         | 45.21              | 87.2                                   | 26.59         | 410.0                                  | 0.85           |

3) Viga (a) IPE 330

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 60.74           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 311    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 60.74           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior  | 20.3                                  | 34.6                                | 1.5                              | 63.3                       | 16.41      | 38.0                                  | 11.59      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 25.1                                  | 25.1                                | 40.6                             | 86.4                       | 22.40      | 28.5                                  | 8.69       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 30.7                                  | 52.4                                | 0.8                              | 95.8                       | 24.82      | 49.0                                  | 14.93      | 410.0                      | 0.85      |

## 4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 15.91  | 180.86     | 8.80       |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 13.46  | 201.69     | 6.67       |
|                               | Tracción             | kN       | 4.23   | 240.95     | 1.76       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 9.94   | 197.38     | 5.04       |

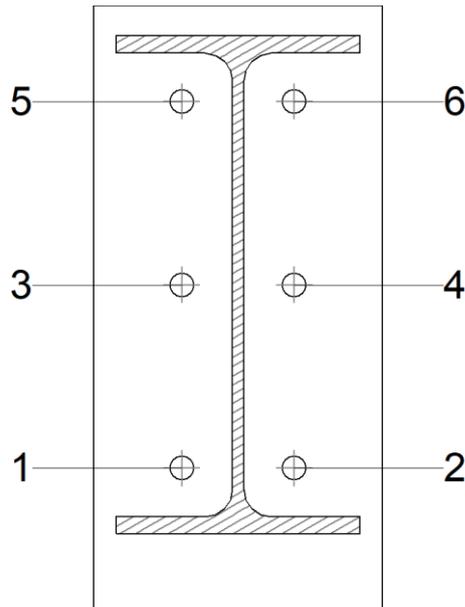
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior  | 13.4                                  | 13.4                                | 0.2                              | 26.9                       | 6.96       | 13.4                                  | 4.09       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 11.8                                  | 11.8                                | 9.8                              | 29.1                       | 7.53       | 11.8                                  | 3.59       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 13.5                                  | 13.5                                | 0.2                              | 27.0                       | 7.00       | 13.5                                  | 4.12       | 410.0                      | 0.85      |

## Comprobaciones para los tornillos

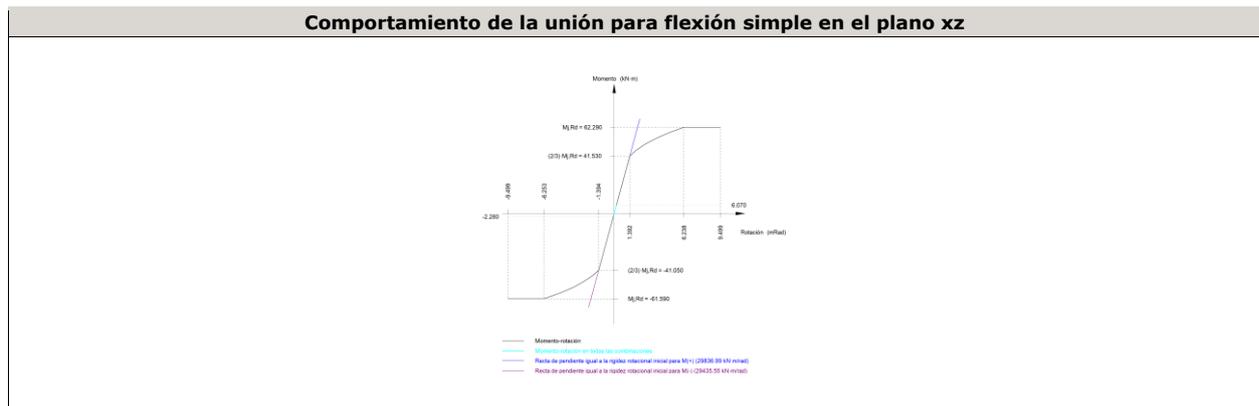


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |                |                    |               |               |                |                    |               |   |                 |
|-------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|---------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |                |                    |               | Tracción      |                |                    |               | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo<br>(kN) | Resistente<br>(kN) | Aprov.<br>(%) | Comprobación  | Pésimo<br>(kN) | Resistente<br>(kN) | Aprov.<br>(%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 6.802          | 50.240             | 13.54         | Vástago       | 3.900          | 90.432             | 4.31          | 13.54   | 13.54           |
|             | Aplastamiento       | 6.802          | 183.680            | 3.70          | Punzonamiento | 3.900          | 219.639            | 1.78          |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 6.783          | 50.240             | 13.50         | Vástago       | 5.491          | 90.432             | 6.07          | 13.50   | 13.50           |
|             | Aplastamiento       | 6.783          | 183.680            | 3.69          | Punzonamiento | 5.491          | 219.639            | 2.50          |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.544          | 50.240             | 7.05          | Vástago       | 5.237          | 90.432             | 5.79          | 11.19   | 11.19           |
|             | Aplastamiento       | 3.544          | 183.680            | 1.93          | Punzonamiento | 5.237          | 219.639            | 2.38          |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.558          | 50.240             | 7.08          | Vástago       | 6.065          | 90.432             | 6.71          | 10.88   | 10.88           |
|             | Aplastamiento       | 3.558          | 183.680            | 1.94          | Punzonamiento | 6.065          | 219.639            | 2.76          |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.544          | 50.240             | 7.05          | Vástago       | 7.956          | 90.432             | 8.80          | 13.34   | 13.34           |
|             | Aplastamiento       | 3.544          | 183.680            | 1.93          | Punzonamiento | 7.956          | 219.639            | 3.62          |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.168          | 50.240             | 12.28         | Vástago       | 7.601          | 90.432             | 8.40          | 13.09   | 13.09           |
|             | Aplastamiento       | 6.168          | 183.680            | 3.36          | Punzonamiento | 7.601          | 219.639            | 3.46          |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10984.95               | 29836.99               |
| Calculada para momentos negativos | 10984.95               | 29435.55               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 6.07   | 62.29      | 9.75       |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 21.420 | 667        | 3.21       |

d) Medición

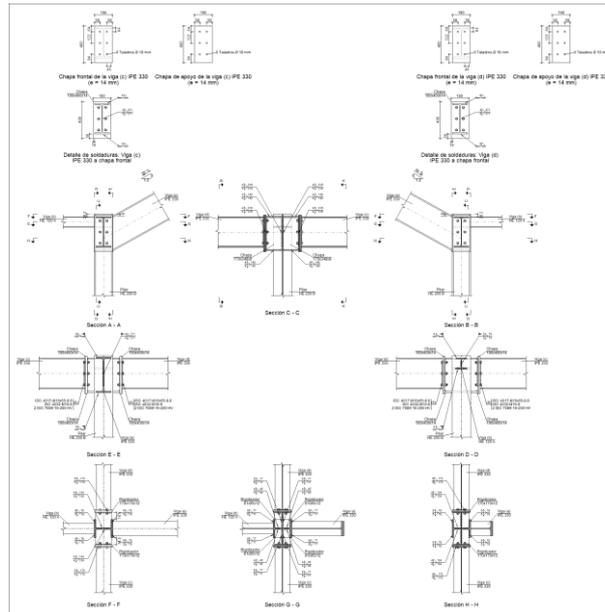
| <b>Soldaduras</b>    |                        |           |                          |                           |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo | 4                        | 3897                      |
|                      |                        |           | 6                        | 3519                      |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                        | 148                       |
|                      |                        |           | 4                        | 1075                      |
|                      |                        |           | 6                        | 606                       |

| <b>Chapas</b> |               |          |                  |           |
|---------------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material      | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275          | Rigidizadores | 3        | 170x95x12        | 4.56      |
|               |               | 2        | 170x170x12       | 5.44      |
|               |               | 2        | 81x95x12         | 1.45      |
|               | Chapas        | 1        | 170x348x8        | 3.72      |
|               |               | 2        | 190x400x14       | 16.70     |
|               | Total         |          |                  |           |

| <b>Elementos de tornillería</b> |               |          |                 |
|---------------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                            | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                       | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                         | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                       | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |

**1.1.1.38.- Tipo 46**

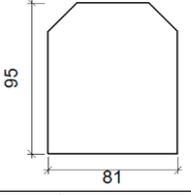
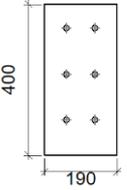
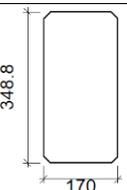
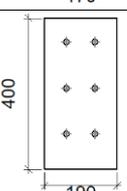
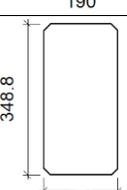
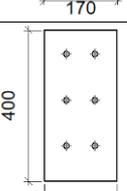
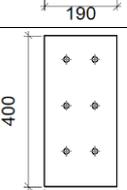
a) Detalle

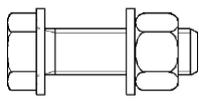


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |           | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | HE 120 A    |           | 114              | 120                | 8                    | 5                     | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |               |      |                      |                      |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|------|----------------------|----------------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              |          | Taladros      |      | Acero                |                      |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador               |           | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275 | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 81         | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 400        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 170        | 348.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (d) IPE 330 |   | 190        | 400        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (d) IPE 330 |  | 170        | 348.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 400        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (d) IPE 330            |  | 190        | 400        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero                |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 29.19      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 181.51 | 244.96     | 74.10      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 131.95 | 261.90     | 50.38      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 109.72 | 261.90     | 41.89      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 104.28 | 261.90     | 39.82      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 134.59 | 261.90     | 51.39      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 108.90 | 261.90     | 41.58      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 107.76 | 261.90     | 41.14      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | 0.603  | 2          | 30.17      |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 80.60  | 169.36     | 47.59      |       |
|                                   | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
| Chapa frontal [Viga (d) IPE 330]  | Deformación admisible          | mRad                 | 0.615  | 2          | 30.74      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 82.06  | 169.36     | 48.45      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 30.21  | 261.90     | 11.54      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 181.22 | 261.90     | 69.19      |       |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 13.73      | 251.43     | 5.46  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 56.44      | 180.86     | 31.21 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 28.99      | 166.34     | 17.43 |
| Viga (d) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 13.99      | 251.43     | 5.57  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 57.55      | 180.86     | 31.82 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 29.56      | 166.34     | 17.77 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 319    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 319    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 319    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                            | En ángulo                           | 4                                   | 319                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                       | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                       | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                                | 80.7                                | 80.7                                | 38.3                                 | 174.4                      | 45.20           | 81.6                                | 24.87      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 68.5                                 | 118.7                      | 30.76           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                        | 22.7                                | 22.7                                | 0.1                                  | 45.4                       | 11.75           | 22.7                                | 6.91       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas                              | 76.7                                | 76.7                                | 1.1                                  | 153.5                      | 39.77           | 76.7                                | 23.39      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 95.0                                 | 164.6                      | 42.65           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                     | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 95.0                                 | 164.6                      | 42.65           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                                | 72.4                                | 72.4                                | 7.6                                  | 145.4                      | 37.68           | 72.4                                | 22.07      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 83.2                                 | 144.1                      | 37.35           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                        | 20.3                                | 20.3                                | 0.0                                  | 40.5                       | 10.50           | 20.3                                | 6.17       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                                | 82.0                                | 82.0                                | 39.4                                 | 177.7                      | 46.04           | 82.1                                | 25.03      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 63.4                                 | 109.7                      | 28.44           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                        | 23.1                                | 23.1                                | 0.0                                  | 46.2                       | 11.98           | 23.1                                | 7.05       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas                              | 76.2                                | 76.2                                | 0.7                                  | 152.4                      | 39.48           | 76.2                                | 23.23      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 94.3                                 | 163.4                      | 42.33           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                     | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma                                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 94.3                                 | 163.4                      | 42.33           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                                | 73.5                                | 73.5                                | 16.3                                 | 149.8                      | 38.81           | 73.6                                | 22.44      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 84.2                                 | 145.8                      | 37.79           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                        | 20.8                                | 20.8                                | 0.0                                  | 41.6                       | 10.78           | 20.8                                | 6.34       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.3                                 | 17.8                       | 4.62            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                            | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.3                                 | 17.8                       | 4.62            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 72.0                                 | 124.7                      | 32.30           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 12.4                                 | 21.4                       | 5.55            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.0                       | 4.66            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                            | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.0                       | 4.66            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 73.3                                 | 126.9                      | 32.89           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 12.5                                 | 21.6                       | 5.60            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 330

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 60.74           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 4                                   | 311                                  | 7.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 60.74           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | 39.6                                | 67.5                                | 1.1                                  | 123.5                      | 31.99           | 75.9                                | 23.13      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 66.1                                | 66.1                                | 62.6                                 | 171.0                      | 44.32           | 66.1                                | 20.16      | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala inferior  | 58.8                                     | 100.3                                  | 0.2                                 | 183.4                         | 47.52         | 91.9                                     | 28.02         | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (b) HE 120 A

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 4         | 120       | 8.0       | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3         | 74        | 5.0       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 4         | 120       | 8.0       | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 178.0                                    | 178.0                                  | 0.8                                 | 355.9                         | 92.24         | 178.0                                    | 54.26         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 106.9                                    | 106.9                                  | 60.6                                | 238.2                         | 61.73         | 108.4                                    | 33.05         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 167.9                                    | 167.9                                  | 0.4                                 | 335.8                         | 87.03         | 167.9                                    | 51.19         | 410.0                         | 0.85      |

## 4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 56.44  | 180.86     | 31.21      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 81.27  | 481.90     | 16.86      |
|                               | Tracción             | kN       | 15.02  | 240.95     | 6.23       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 26.40  | 148.77     | 17.75      |

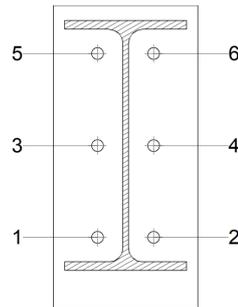
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 34.3                                     | 34.3                                   | 0.1                                 | 68.5                          | 17.76         | 34.3                                     | 10.45         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 41.8                                     | 41.8                                   | 12.1                                | 86.2                          | 22.34         | 41.8                                     | 12.75         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 30.8                                     | 30.8                                   | 0.0                                 | 61.6                          | 15.96         | 30.8                                     | 9.39          | 410.0                         | 0.85      |

## Comprobaciones para los tornillos

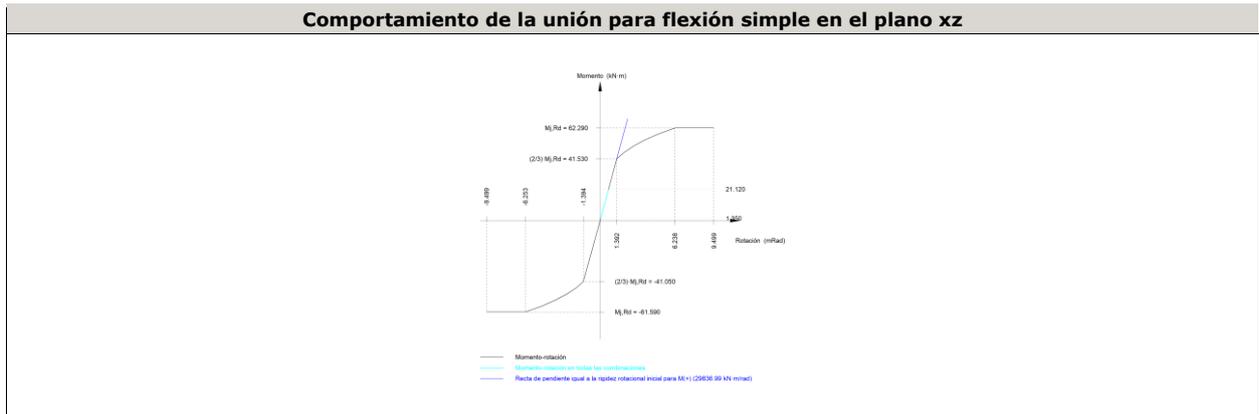


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 8.336       | 50.240          | 16.59      | Vástago       | 3.170       | 90.432          | 3.51       | 16.59   | 16.59           |
|             | Aplastamiento       | 8.336       | 183.680         | 4.54       | Punzonamiento | 3.170       | 219.639         | 1.44       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 8.231       | 50.240          | 16.38      | Vástago       | 5.004       | 90.432          | 5.53       | 16.38   | 16.38           |
|             | Aplastamiento       | 8.231       | 183.680         | 4.48       | Punzonamiento | 5.004       | 219.639         | 2.28       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.380       | 50.240          | 8.72       | Vástago       | 17.789      | 90.432          | 19.67      | 22.77   | 22.77           |
|             | Aplastamiento       | 4.380       | 183.680         | 2.38       | Punzonamiento | 17.789      | 219.639         | 8.10       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.374       | 50.240          | 8.71       | Vástago       | 18.338      | 90.432          | 20.28      | 23.17   | 23.17           |
|             | Aplastamiento       | 4.374       | 183.680         | 2.38       | Punzonamiento | 18.338      | 219.639         | 8.35       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.381       | 50.240          | 8.72       | Vástago       | 27.764      | 90.432          | 30.70      | 30.64   | 30.70           |
|             | Aplastamiento       | 4.381       | 183.680         | 2.38       | Punzonamiento | 27.764      | 219.639         | 12.64      |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.374       | 50.240          | 8.71       | Vástago       | 28.221      | 90.432          | 31.21      | 31.00   | 31.21           |
|             | Aplastamiento       | 4.374       | 183.680         | 2.38       | Punzonamiento | 28.221      | 219.639         | 12.85      |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10984.95               | 29836.99               |
| Calculada para momentos negativos | 10984.95               | 29435.55               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 21.12  | 62.29      | 33.91      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 74.534 | 667        | 11.18      |

5) Viga (d) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 57.55  | 180.86     | 31.82      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 83.32  | 481.90     | 17.29      |
|               | Tracción             | kN       | 15.31  | 240.95     | 6.36       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 26.92  | 148.77     | 18.09      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

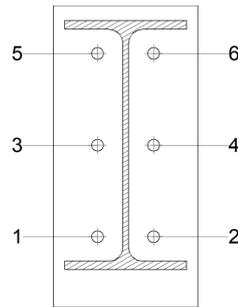
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 34.9                                | 34.9                                | 0.1                                  | 69.9                       | 18.10      | 34.9                                | 10.65      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 42.6                                | 42.6                                | 12.2                                 | 87.9                       | 22.77      | 42.6                                | 13.00      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 31.2                                | 31.2                                | 0.0                                  | 62.4                       | 16.18      | 31.2                                | 9.52       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

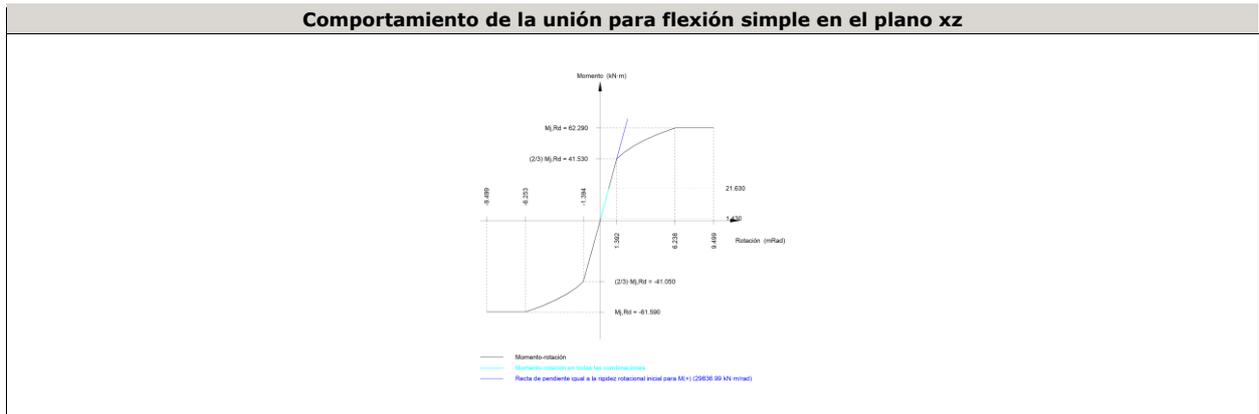


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 8.361       | 50.240          | 16.64      | Vástago       | 2.304       | 90.432          | 2.55       | 16.64                           | 16.64           |
|             | Aplastamiento       | 8.361       | 183.680         | 4.55       | Punzonamiento | 2.304       | 219.639         | 1.05       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 8.398       | 50.240          | 16.72      | Vástago       | 3.463       | 90.432          | 3.83       | 16.72                           | 16.72           |
|             | Aplastamiento       | 8.398       | 183.680         | 4.57       | Punzonamiento | 3.463       | 219.639         | 1.58       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.412       | 50.240          | 8.78       | Vástago       | 18.666      | 90.432          | 20.64      | 23.52                           | 23.52           |
|             | Aplastamiento       | 4.412       | 183.680         | 2.40       | Punzonamiento | 18.666      | 219.639         | 8.50       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.416       | 50.240          | 8.79       | Vástago       | 18.164      | 90.432          | 20.09      | 23.14                           | 23.14           |
|             | Aplastamiento       | 4.416       | 183.680         | 2.40       | Punzonamiento | 18.164      | 219.639         | 8.27       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.412       | 50.240          | 8.78       | Vástago       | 28.774      | 90.432          | 31.82      | 31.51                           | 31.82           |
|             | Aplastamiento       | 4.412       | 183.680         | 2.40       | Punzonamiento | 28.774      | 219.639         | 13.10      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.416       | 50.240          | 8.79       | Vástago       | 28.347      | 90.432          | 31.35      | 31.18                           | 31.35           |
|             | Aplastamiento       | 4.416       | 183.680         | 2.40       | Punzonamiento | 28.347      | 219.639         | 12.91      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10984.95               | 29836.99               |
| Calculada para momentos negativos | 10984.95               | 29435.55               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 21.63  | 62.29      | 34.72      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 76.248 | 667        | 11.44      |

d) Medición

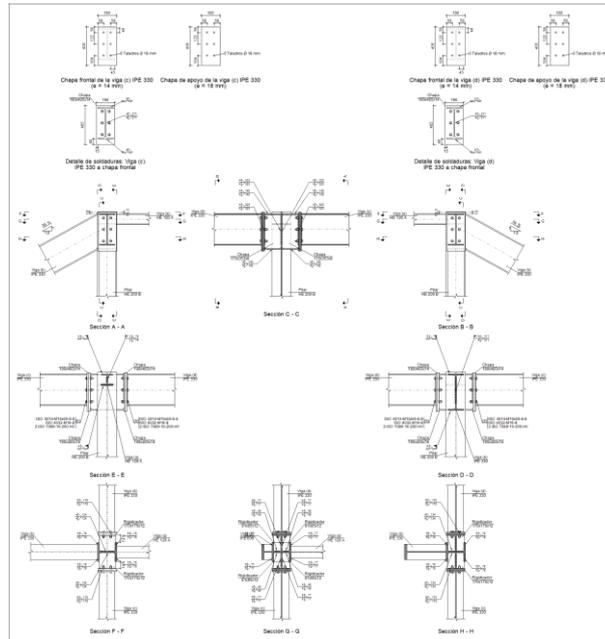
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 6187                      |
|             |                        |           | 6                        | 5190                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                        | 148                       |
|             |                        |           | 4                        | 1075                      |
|             |                        |           | 6                        | 606                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x170x12       | 10.89     |
|          |               | 4        | 81x95x12         | 2.90      |
|          | Chapas        | 2        | 170x348x8        | 7.45      |
|          |               | 4        | 190x400x14       | 33.41     |
|          |               |          |                  | Total     |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

**1.1.1.39.- Tipo 47**

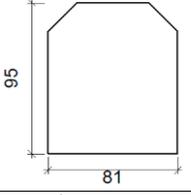
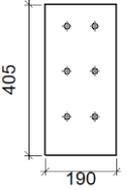
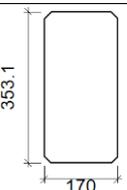
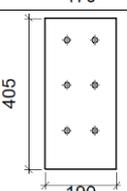
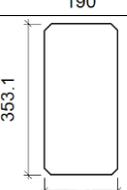
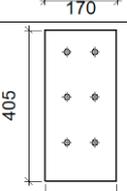
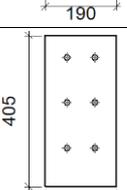
a) Detalle

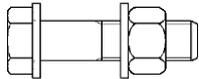


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |         | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |         | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | HE 120 A    |         | 114              | 120                | 8                    | 5                     | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios |         |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------|---------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Esquema | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                           |         | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador               |         | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 81         | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 405        | 18           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 170        | 353.1      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (d) IPE 330 |   | 190        | 405        | 18           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (d) IPE 330 |  | 170        | 353.1      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 405        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (d) IPE 330            |  | 190        | 405        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                   | --     | --         | 29.19      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 292.36 | 333.59     | 87.64      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 120.19 | 261.90     | 45.89      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 124.07 | 261.90     | 47.37      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 121.21 | 261.90     | 46.28      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 119.22 | 261.90     | 45.52      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 122.49 | 261.90     | 46.77      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 123.57 | 261.90     | 47.18      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | 0.533  | 2          | 26.63      |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 76.92  | 169.36     | 45.42      |       |
|                                   | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
| Chapa frontal [Viga (d) IPE 330]  | Deformación admisible          | mRad                 | 0.564  | 2          | 28.18      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 78.68  | 169.36     | 46.46      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 28.87  | 261.90     | 11.02      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 129.27 | 261.90     | 49.36      |       |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 13.91      | 251.43     | 5.53  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 52.68      | 180.86     | 29.12 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 24.85      | 156.62     | 15.87 |
| Viga (d) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 14.29      | 251.43     | 5.68  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 54.12      | 180.86     | 29.92 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 25.53      | 156.62     | 16.30 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                               |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical | En ángulo | 6      | 77     | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma             | En ángulo | 4      | 45     | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas            | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma               | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal    | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 323    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal        | En ángulo | 4      | 323    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior   | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior   | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                   | En ángulo | 4      | 323    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                           | 4                                   | 323                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 72.7                                | 72.7                                | 36.0                                 | 158.1                      | 40.98           | 72.7                                | 22.16      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 63.4                                 | 109.7                      | 28.44           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 20.9                                | 20.9                                | 0.0                                  | 41.8                       | 10.83           | 20.9                                | 6.37       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 86.7                                | 86.7                                | 2.0                                  | 173.5                      | 44.96           | 86.7                                | 26.45      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 107.5                                | 186.1                      | 48.23           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 107.5                                | 186.1                      | 48.23           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 72.4                                | 72.4                                | 37.4                                 | 158.7                      | 41.12           | 72.6                                | 22.12      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 83.1                                 | 143.9                      | 37.29           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 19.1                                | 19.1                                | 0.0                                  | 38.2                       | 9.89            | 19.1                                | 5.81       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 71.5                                | 71.5                                | 36.5                                 | 156.3                      | 40.51           | 71.8                                | 21.88      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 64.6                                 | 112.0                      | 29.01           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 21.4                                | 21.4                                | 0.0                                  | 42.8                       | 11.08           | 21.4                                | 6.52       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 85.7                                | 85.7                                | 1.1                                  | 171.4                      | 44.41           | 85.7                                | 26.12      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 106.1                                | 183.7                      | 47.62           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 106.1                                | 183.7                      | 47.62           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 73.2                                | 73.2                                | 38.9                                 | 161.2                      | 41.78           | 73.2                                | 22.32      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 83.9                                 | 145.3                      | 37.64           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 19.9                                | 19.9                                | 0.1                                  | 39.7                       | 10.29           | 19.9                                | 6.05       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.6                                  | 16.6                       | 4.31            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.6                                  | 16.6                       | 4.31            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 68.7                                 | 119.0                      | 30.83           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.8                                 | 20.4                       | 5.29            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.7                                  | 16.9                       | 4.37            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.7                                  | 16.9                       | 4.37            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 70.3                                 | 121.7                      | 31.53           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 12.0                                 | 20.7                       | 5.37            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) HE 120 A

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                           | 4                                   | 120                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 3                                   | 74                                   | 5.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                           | 4                                   | 120                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | 132.4                               | 132.4                               | 0.3                                  | 264.9                      | 68.64           | 132.4                               | 40.38      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 117.9                               | 117.9                               | 64.8                                 | 261.1                      | 67.67           | 117.9                               | 35.95      | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala inferior  | 182.0                                    | 182.0                                  | 1.2                                 | 364.0                         | 94.32         | 182.0                                    | 55.48         | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (b) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 60.74              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 311       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 60.74              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 61.8                                     | 105.4                                  | 0.4                                 | 192.8                         | 49.95         | 95.3                                     | 29.04         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 67.9                                     | 67.9                                   | 76.3                                | 189.5                         | 49.10         | 67.9                                     | 20.70         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 56.1                                     | 95.8                                   | 0.5                                 | 175.1                         | 45.38         | 105.9                                    | 32.30         | 410.0                         | 0.85      |

## 4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 52.68  | 180.86     | 29.12      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 77.09  | 481.90     | 16.00      |
|                               | Tracción             | kN       | 14.02  | 240.95     | 5.82       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 24.64  | 148.77     | 16.56      |

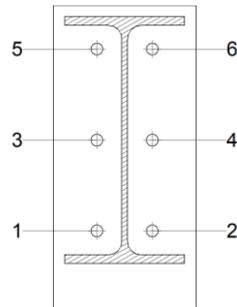
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 32.0                                     | 32.0                                   | 0.0                                 | 64.0                          | 16.58         | 32.0                                     | 9.75          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 39.0                                     | 39.0                                   | 11.4                                | 80.5                          | 20.87         | 39.0                                     | 11.90         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 29.2                                     | 29.2                                   | 0.1                                 | 58.4                          | 15.14         | 29.2                                     | 8.90          | 410.0                         | 0.85      |

## Comprobaciones para los tornillos

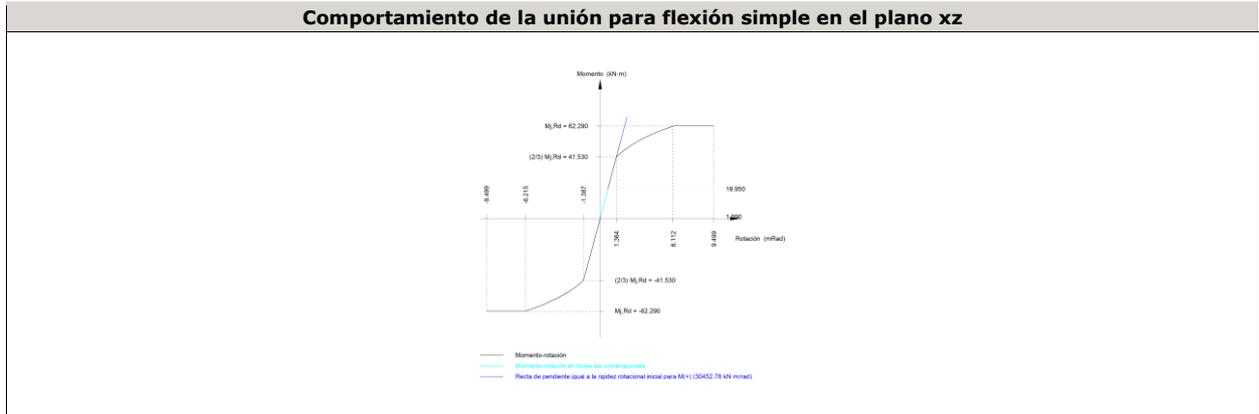


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 8.008       | 64.340          | 12.45      | Vástago       | 3.765       | 90.432          | 4.16       | 12.45   | 12.45           |
|             | Aplastamiento       | 8.008       | 183.680         | 4.36       | Punzonamiento | 3.765       | 219.639         | 1.71       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 6.706       | 64.340          | 10.42      | Vástago       | 4.427       | 90.432          | 4.89       | 10.42   | 10.42           |
|             | Aplastamiento       | 6.706       | 183.680         | 3.65       | Punzonamiento | 4.427       | 219.639         | 2.02       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.132       | 64.340          | 6.42       | Vástago       | 16.660      | 90.432          | 18.42      | 19.58   | 19.58           |
|             | Aplastamiento       | 4.132       | 183.680         | 2.25       | Punzonamiento | 16.660      | 219.639         | 7.59       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.138       | 64.340          | 6.43       | Vástago       | 17.078      | 90.432          | 18.88      | 19.92   | 19.92           |
|             | Aplastamiento       | 4.138       | 183.680         | 2.25       | Punzonamiento | 17.078      | 219.639         | 7.78       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.132       | 64.340          | 6.42       | Vástago       | 26.017      | 90.432          | 28.77      | 26.97   | 28.77           |
|             | Aplastamiento       | 4.132       | 183.680         | 2.25       | Punzonamiento | 26.017      | 219.639         | 11.85      |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.138       | 64.340          | 6.43       | Vástago       | 26.343      | 90.432          | 29.13      | 27.24   | 29.13           |
|             | Aplastamiento       | 4.138       | 183.680         | 2.25       | Punzonamiento | 26.343      | 219.639         | 11.99      |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11319.76               | 30452.78               |
| Calculada para momentos negativos | 11319.76               | 29947.58               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 19.95  | 62.29      | 32.03      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 68.947 | 667        | 10.34      |

5) Viga (d) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 54.12  | 180.86     | 29.92      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 79.92  | 481.90     | 16.58      |
|               | Tracción             | kN       | 14.40  | 240.95     | 5.98       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 25.31  | 148.77     | 17.02      |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

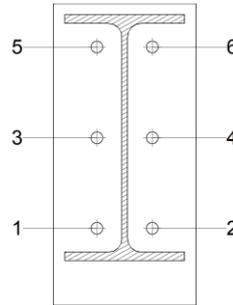
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 32.8                                | 32.8                                | 0.0                                  | 65.7                       | 17.02      | 32.9                                | 10.02      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 40.1                                | 40.1                                | 11.6                                 | 82.7                       | 21.42      | 40.1                                | 12.22      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 31.1                                | 31.1                                | 0.1                                  | 62.2                       | 16.13      | 31.1                                | 9.49       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 122                    | 74                     | 32.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 6.695       | 64.340          | 10.41      | Vástago       | 2.603       | 90.432          | 2.88       | 10.41                           | 10.41           |
|             | Aplastamiento       | 6.695       | 183.680         | 3.64       | Punzonamiento | 2.603       | 219.639         | 1.19       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 8.087       | 64.340          | 12.57      | Vástago       | 3.100       | 90.432          | 3.43       | 12.57                           | 12.57           |
|             | Aplastamiento       | 8.087       | 183.680         | 4.40       | Punzonamiento | 3.100       | 219.639         | 1.41       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.197       | 64.340          | 6.52       | Vástago       | 17.559      | 90.432          | 19.42      | 20.39                           | 20.39           |
|             | Aplastamiento       | 4.197       | 183.680         | 2.29       | Punzonamiento | 17.559      | 219.639         | 7.99       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.190       | 64.340          | 6.51       | Vástago       | 16.995      | 90.432          | 18.79      | 19.93                           | 19.93           |
|             | Aplastamiento       | 4.190       | 183.680         | 2.28       | Punzonamiento | 16.995      | 219.639         | 7.74       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.197       | 64.340          | 6.52       | Vástago       | 27.058      | 90.432          | 29.92      | 27.89                           | 29.92           |
|             | Aplastamiento       | 4.197       | 183.680         | 2.29       | Punzonamiento | 27.058      | 219.639         | 12.32      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.190       | 64.340          | 6.51       | Vástago       | 26.613      | 90.432          | 29.43      | 27.53                           | 29.43           |
|             | Aplastamiento       | 4.190       | 183.680         | 2.28       | Punzonamiento | 26.613      | 219.639         | 12.12      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11319.76               | 30452.78               |
| Calculada para momentos negativos | 11319.76               | 29947.58               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.61  | 62.29      | 33.09      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 71.249 | 667        | 10.69      |

d) Medición

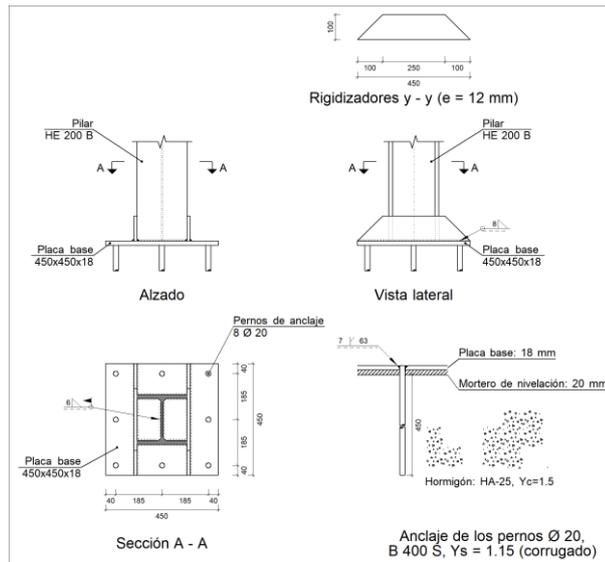
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 6221                      |
|             |                        |           | 6                        | 5190                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                        | 148                       |
|             |                        |           | 4                        | 1075                      |
|             |                        |           | 6                        | 606                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x170x12       | 10.89     |
|          |               | 4        | 81x95x12         | 2.90      |
|          | Chapas        | 2        | 170x353x8        | 7.54      |
|          |               | 2        | 190x405x14       | 16.91     |
|          |               | 2        | 190x405x18       | 21.75     |
|          |               | Total    |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4014-M16x65 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

**1.1.1.40.- Tipo 48**

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |            |       |             |             |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Taladros |                        |                        |            | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base                |           | 450        | 450        | 18           | 8        | 34                     | 22                     | 7          | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador               |           | 450        | 100        | 12           | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |                            |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                             | 6                                   | 978                              | 9.0                        | 90.00           |                                       |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            | Tensión normal  |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.           |                                     |                                  |                            |                 |                                       | 410.0                      | 0.85      |

2) Placa de anclaje

| Referencia:   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 60 mm<br>Calculado: 185 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 30 mm<br>Calculado: 40 mm  | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 23.1  | Cumple                               |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 23 cm<br>Calculado: 45 cm  | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br><br>- Cortante:<br><br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 76.93 kN<br>Calculado: 58.99 kN<br><br>Máximo: 53.85 kN<br>Calculado: 8.27 kN<br><br>Máximo: 76.93 kN<br>Calculado: 70.81 kN | Cumple<br><br>Cumple<br><br>Cumple   |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 100.48 kN<br>Calculado: 56.69 kN   | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 185.454 MPa  | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 188.57 kN<br>Calculado: 7.63 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 184.312 MPa<br>Calculado: 192.031 MPa<br>Calculado: 261.084 MPa<br>Calculado: 261.13 MPa           | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br>Calculado: 445.786<br>Calculado: 423.843<br>Calculado: 2739.13<br>Calculado: 2738.72                                  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 166.717 MPa  | Cumple                               |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                                      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | Preparación de bordes (mm)           | l (mm)                     | t (mm)         | Ángulo (grados)                     |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = -106): Soldadura a la placa base                        | En ángulo                           | 8                                   | --                                   | 450                        | 12.0           | 90.00                               |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = 106): Soldadura a la placa base                         | En ángulo                           | 8                                   | --                                   | 450                        | 12.0           | 90.00                               |                                     |                |
| Soldadura de los pernos a la placa base                                      | De penetración parcial              | --                                  | 7                                    | 63                         | 18.0           | 90.00                               |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = -106): Soldadura a la placa base                        | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Rigidizador y-y (x = 106): Soldadura a la placa base                         | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia             |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|---|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                                    | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0                                      | 0.0                                    | 180.5                                      | 312.6                         | 81.00         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

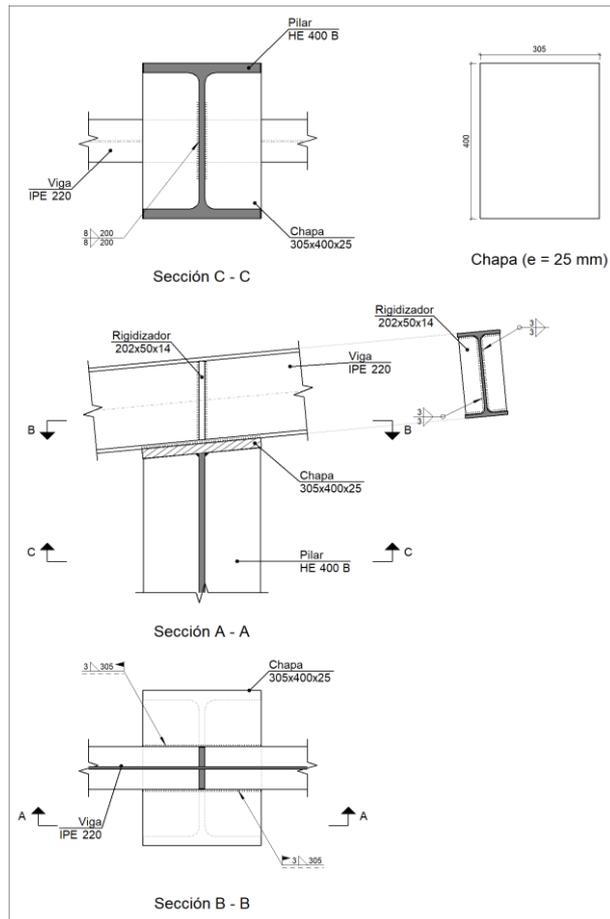
d) Medición

| Soldaduras     |                        |   |                             |                              |
|----------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller              | En ángulo                                       | 8                           | 1740                         |
|                |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 7                           | 503                          |
|                | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 6                           | 978                          |

| Placas de anclaje                 |                        |          |                            |              |
|-----------------------------------|------------------------|----------|----------------------------|--------------|
| Material                          | Elementos              | Cantidad | Dimensiones<br>(mm)        | Peso<br>(kg) |
| S275                              | Placa base             | 1        | 450x450x18                 | 28.61        |
|                                   | Rigidizadores pasantes | 2        | 450/250x100/0x12           | 6.59         |
|                                   | Total                  |          |                            | 35.21        |
| B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado) | Pernos de anclaje      | 8        | $\varnothing 20 - L = 508$ | 10.02        |
|                                   | Total                  |          |                            | 10.02        |

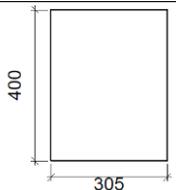
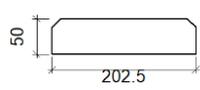
**1.1.1.41.- Tipo 49**

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

|       |             | Perfiles  |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|-------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
|       |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) |       |                      |                      |
| Pilar | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | IPE 220     |           | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios |   |            |            |              |      |             |             |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría   |            |            | Espesor (mm) | Tipo | Acero       |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) |              |      | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal             |  | 305        | 400        | 25           | S275 | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador               |  | 202.5      | 50         | 14           | S275 | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Viga IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |              |          |        |            |            |
|-------------------------------|--------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Rigidizadores                 | Cortante     | kN       | 31.55  | 399.07     | 7.90       |
|                               | Tracción     | kN       | 31.55  | 132.00     | 23.90      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador al alma  | En ángulo                             | 3                                   | 179                              | 5.9                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador a las alas   | En ángulo                             | 3                                   | 38                               | 5.9                        | 84.56           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala                                | En ángulo                             | 3                                   | 400                              | 9.2                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <small>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</small> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del rigidizador al alma  | 0.0                                   | 0.0                                 | 29.5                             | 51.0                       | 13.22           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador a las alas   | La comprobación no procede.           |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala                                | 19.1                                  | 19.1                                | 1.3                              | 38.2                       | 9.89            | 19.1                                  | 5.81       | 410.0                      | 0.85      |

2) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tensiones combinadas | --                | --     | --         | 19.96      |
| Alma                          | Pandeo local         | N/mm <sup>2</sup> | 18.31  | 261.90     | 6.99       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 8      | 200    | 13.6   | 84.56           |  |

| Comprobaciones geométricas  |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|---|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.  | Tipo                                   |  |   |                               | a<br>(mm)     | l<br>(mm)                              | t<br>(mm)     | Ángulo<br>(grados)                     |                |
| a: Espesor garganta<br>l: Longitud efectiva<br>t: Espesor de piezas |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia   |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del alma  | 5.8                                    | 7.8                                    | 10.5                                    | 23.5                          | 6.08          | 11.5                                   | 3.51          | 410.0                                  | 0.85           |

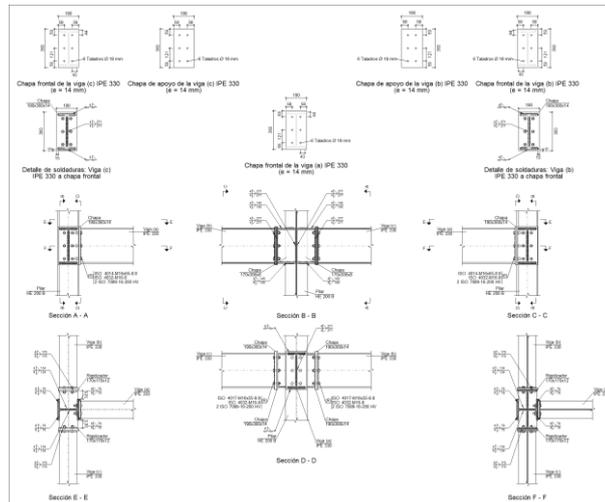
d) Medición

| Soldaduras              |                        |           |                             |                              |
|-------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller              | En ángulo | 3                           | 1018                         |
|                         |                        |           | 8                           | 400                          |
|                         | En el lugar de montaje | En ángulo | 3                           | 610                          |

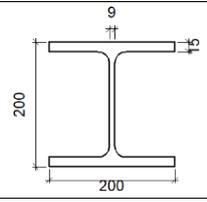
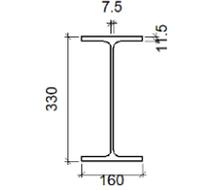
| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 202x50x14           | 2.23         |
|          | Chapas        | 1        | 305x400x25          | 23.94        |
|          | Total         |          |                     |              |

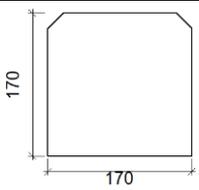
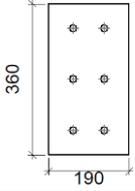
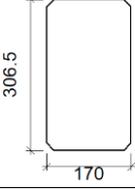
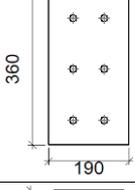
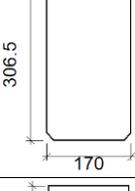
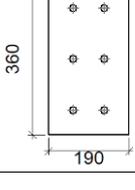
1.1.1.42.- Tipo 50

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 170        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |  | 170        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios       |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                           | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                                 | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330 |           | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330 |           | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |           |          |               |       |             |             |
|---|-----------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |           | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |           | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbitez                        | --                   | --     | --         | 29.19      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 45.25  | 404.80     | 11.18      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 71.04  | 261.90     | 27.12      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 91.16  | 261.90     | 34.81      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 71.01  | 261.90     | 27.11      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 91.22  | 261.90     | 34.83      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 78.89  | 169.36     | 46.58      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 78.94  | 169.36     | 46.61      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 129.48 | 261.90     | 49.44      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 64.98  | 261.90     | 24.81      |       |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | Tracción por flexión | kN     | 28.11      | 180.86     | 15.54 |
|                                   | Ala                            | Tracción             | kN     | 5.97       | 255.10     | 2.34  |
|                                   | Alma                           | Tracción             | kN     | 16.17      | 135.37     | 11.95 |
|                                   | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 16.03      | 251.43     | 6.38  |

|                  |                |                      |    |       |        |       |
|------------------|----------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Viga (c) IPE 330 | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN | 60.46 | 180.86 | 33.43 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN | 28.39 | 156.16 | 18.18 |
|                  | Rigidizadores  | Tracción             | kN | 16.04 | 251.43 | 6.38  |
| Viga (b) IPE 330 | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN | 60.50 | 180.86 | 33.45 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN | 28.41 | 156.16 | 18.19 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 78                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 78                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 78                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | En ángulo                           | 6                                   | 78                                   | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 12.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | En ángulo                           | 4                                   | 277                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| a: Espesor garganta<br>l: Longitud efectiva<br>t: Espesor de piezas |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 41.0                                 | 71.0                       | 18.41           | 14.0                                | 4.28       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 16.9                                 | 29.4                       | 7.61            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | 23.4                                | 23.4                                | 0.1                                  | 46.8                       | 12.13           | 23.4                                | 7.14       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 4.7                                 | 4.7                                 | 52.5                                 | 91.4                       | 23.69           | 16.8                                | 5.13       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 19.2                                 | 33.3                       | 8.63            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | 29.5                                | 29.5                                | 0.1                                  | 59.1                       | 15.31           | 29.5                                | 9.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas                       | 0.0                                 | 0.0                                 | 41.0                                 | 71.0                       | 18.40           | 14.0                                | 4.28       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 17.0                                 | 29.4                       | 7.61            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal               | 23.4                                | 23.4                                | 0.1                                  | 46.8                       | 12.13           | 23.4                                | 7.13       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas                       | 4.7                                 | 4.7                                 | 52.5                                 | 91.5                       | 23.70           | 16.8                                | 5.13       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma                          | 0.0                                 | 0.0                                 | 19.2                                 | 33.3                       | 8.63            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal               | 29.5                                | 29.5                                | 0.1                                  | 59.1                       | 15.32           | 29.6                                | 9.01       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.0                       | 4.65            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.0                       | 4.65            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | 0.0                                 | 0.0                                 | 61.8                                 | 107.0                      | 27.72           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | 0.0                                 | 0.0                                 | 70.4                                 | 122.0                      | 31.62           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                              | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.0                       | 4.65            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.4                                 | 18.0                       | 4.65            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior              | 0.0                                 | 0.0                                 | 61.7                                 | 106.9                      | 27.71           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior              | 0.0                                 | 0.0                                 | 70.5                                 | 122.1                      | 31.63           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 28.11  | 180.86     | 15.54      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 34.45  | 336.37     | 10.24      |
|                               | Tracción             | kN       | 7.51   | 240.95     | 3.11       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 13.10  | 150.96     | 8.68       |

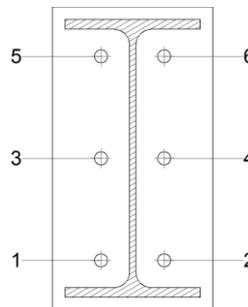
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 23.5                                | 23.5                                | 0.8                                  | 47.1                       | 12.20      | 23.5                                | 7.18       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 20.5                                | 20.5                                | 6.6                                  | 42.5                       | 11.02      | 20.5                                | 6.25       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 25.0                                | 25.0                                | 0.8                                  | 50.0                       | 12.97      | 25.0                                | 7.62       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



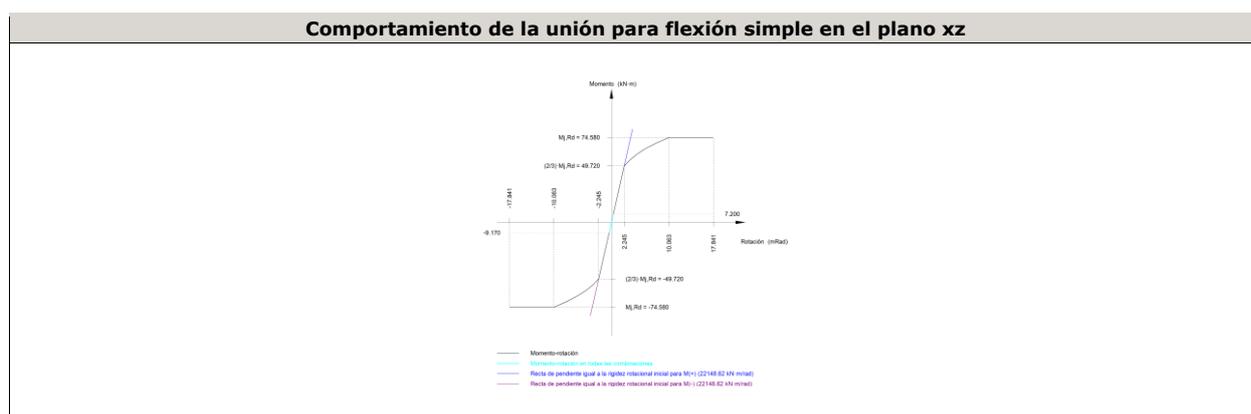
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.285       | 64.340          | 8.21       | Vástago       | 14.054      | 90.432          | 15.54      | 14.85   | 15.54           |
|             | Aplastamiento       | 5.285       | 183.680         | 2.88       | Punzonamiento | 14.054      | 219.639         | 6.40       |   |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.278       | 64.340          | 8.20       | Vástago       | 14.047      | 90.432          | 15.53      | 14.84                           | 15.53           |
|             | Aplastamiento       | 5.278       | 183.680         | 2.87       | Punzonamiento | 14.047      | 219.639         | 6.40       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.211       | 64.340          | 9.65       | Vástago       | 10.192      | 90.432          | 11.27      | 11.87                           | 11.87           |
|             | Aplastamiento       | 6.211       | 183.680         | 3.38       | Punzonamiento | 10.192      | 219.639         | 4.64       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.217       | 64.340          | 9.66       | Vástago       | 10.189      | 90.432          | 11.27      | 11.86                           | 11.86           |
|             | Aplastamiento       | 6.217       | 183.680         | 3.38       | Punzonamiento | 10.189      | 219.639         | 4.64       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 13.097      | 64.340          | 20.36      | Vástago       | 7.913       | 90.432          | 8.75       | 20.36                           | 20.36           |
|             | Aplastamiento       | 13.097      | 183.680         | 7.13       | Punzonamiento | 7.913       | 219.639         | 3.60       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 13.135      | 64.340          | 20.42      | Vástago       | 7.924       | 90.432          | 8.76       | 20.42                           | 20.42           |
|             | Aplastamiento       | 13.135      | 183.680         | 7.15       | Punzonamiento | 7.924       | 219.639         | 3.61       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11153.24            | 22148.62            |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24            | 22148.62            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 9.17   | 74.58      | 12.30      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 23.208 | 667        | 3.48       |

3) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 60.46  | 180.86     | 33.43      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 89.31  | 481.90     | 18.53      |
|                               | Tracción             | kN       | 16.02  | 240.95     | 6.65       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 28.43  | 149.26     | 19.05      |

Cordones de soldadura

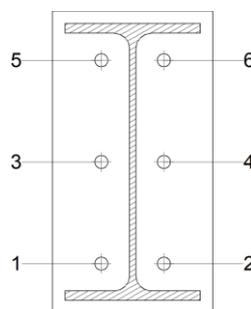
| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 33.4                                | 33.4                                | 0.1                                  | 66.7                       | 17.30      | 33.4                                | 10.17      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 44.6                                | 44.6                                | 7.2                                  | 90.1                       | 23.36      | 44.6                                | 13.61      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 38.3                                | 38.3                                | 0.2                                  | 76.6                       | 19.85      | 38.3                                | 11.68      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

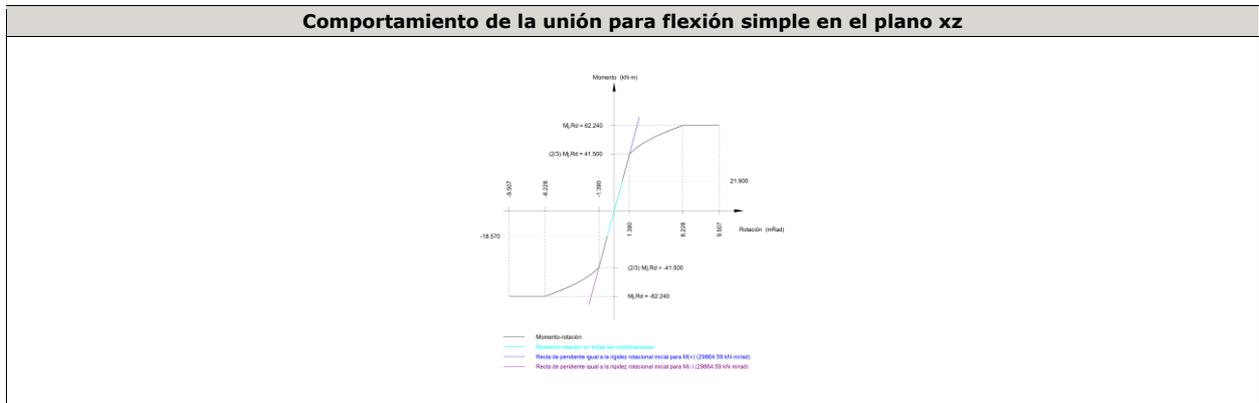


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.819       | 50.240          | 7.60       | Vástago       | 29.100      | 90.432          | 32.18      | 28.14                           | 32.18           |
|             | Aplastamiento       | 3.819       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 29.100      | 219.639         | 13.25      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 7.322       | 50.240          | 14.57      | Vástago       | 30.232      | 90.432          | 33.43      | 29.03                           | 33.43           |
|             | Aplastamiento       | 7.322       | 183.680         | 3.99       | Punzonamiento | 30.232      | 219.639         | 13.76      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.819       | 50.240          | 7.60       | Vástago       | 18.797      | 90.432          | 20.79      | 20.00                           | 20.79           |
|             | Aplastamiento       | 3.819       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 18.797      | 219.639         | 8.56       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.821       | 50.240          | 7.61       | Vástago       | 20.176      | 90.432          | 22.31      | 21.09                           | 22.31           |
|             | Aplastamiento       | 3.821       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 20.176      | 219.639         | 9.19       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.819       | 50.240          | 7.60       | Vástago       | 27.488      | 90.432          | 30.40      | 25.84                           | 30.40           |
|             | Aplastamiento       | 3.819       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 27.488      | 219.639         | 12.52      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.821       | 50.240          | 7.61       | Vástago       | 26.320      | 90.432          | 29.10      | 24.93                           | 29.10           |
|             | Aplastamiento       | 3.821       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 26.320      | 219.639         | 11.98      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11441.23               | 29864.59               |
| Calculada para momentos negativos | 11441.23               | 29864.59               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 21.90  | 62.24      | 35.19      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 77.098 | 667        | 11.56      |

4) Viga (b) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 60.50  | 180.86     | 33.45      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 89.37  | 481.90     | 18.55      |
|               | Tracción             | kN       | 16.03  | 240.95     | 6.65       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 28.45  | 149.26     | 19.06      |

**Cordones de soldadura**

**Comprobaciones geométricas**

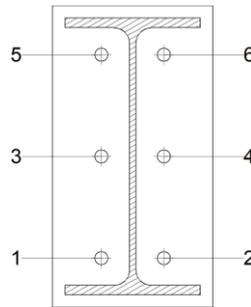
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del ala superior | 33.4                                   | 33.4                                   | 0.1                                     | 66.7                          | 17.29         | 33.4                                   | 10.17         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 44.7                                   | 44.7                                   | 7.2                                     | 90.2                          | 23.37         | 44.7                                   | 13.62         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 38.3                                   | 38.3                                   | 0.2                                     | 76.7                          | 19.87         | 38.3                                   | 11.69         | 410.0                                  | 0.85           |

**Comprobaciones para los tornillos**

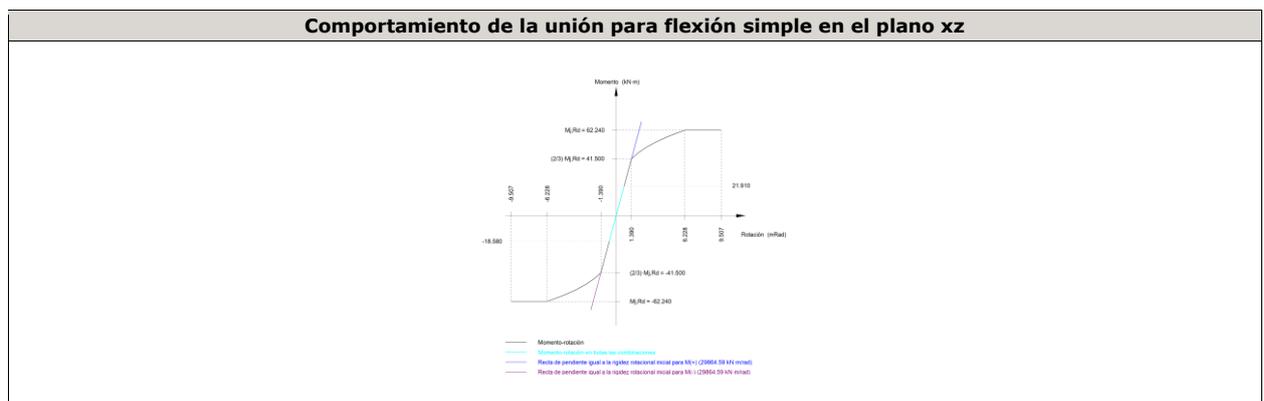


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 7.322       | 50.240          | 14.57      | Vástago       | 30.249      | 90.432          | 33.45      | 29.05                           | 33.45           |
|             | Aplastamiento       | 7.322       | 183.680         | 3.99       | Punzonamiento | 30.249      | 219.639         | 13.77      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 3.819       | 50.240          | 7.60       | Vástago       | 29.117      | 90.432          | 32.20      | 28.15                           | 32.20           |
|             | Aplastamiento       | 3.819       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 29.117      | 219.639         | 13.26      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.821       | 50.240          | 7.61       | Vástago       | 20.188      | 90.432          | 22.32      | 21.10                           | 22.32           |
|             | Aplastamiento       | 3.821       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 20.188      | 219.639         | 9.19       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.819       | 50.240          | 7.60       | Vástago       | 18.808      | 90.432          | 20.80      | 20.01                           | 20.80           |
|             | Aplastamiento       | 3.819       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 18.808      | 219.639         | 8.56       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.821       | 50.240          | 7.61       | Vástago       | 26.310      | 90.432          | 29.09      | 24.94                           | 29.09           |
|             | Aplastamiento       | 3.821       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 26.310      | 219.639         | 11.98      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.819       | 50.240          | 7.60       | Vástago       | 27.477      | 90.432          | 30.38      | 25.86                           | 30.38           |
|             | Aplastamiento       | 3.819       | 183.680         | 2.08       | Punzonamiento | 27.477      | 219.639         | 12.51      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11441.23            | 29864.59            |
| Calculada para momentos negativos | 11441.23            | 29864.59            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 21.91  | 62.24      | 35.21      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 77.147 | 667        | 11.57      |

d) Medición

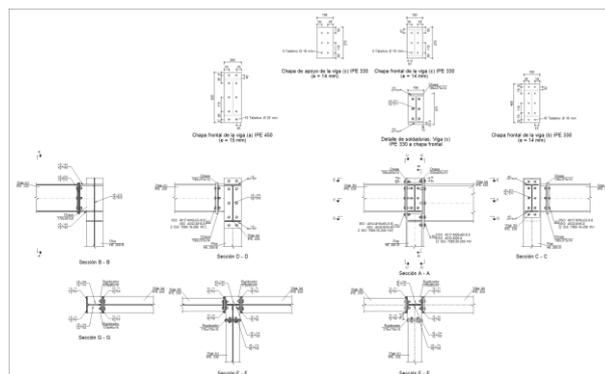
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 6030                      |
|             |           |           | 6                        | 4557                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x170x12       | 10.89     |
|          | Chapas        | 2        | 170x306x8        | 6.54      |
|          |               | 5        | 190x360x14       | 37.59     |
|          |               | Total    |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 18       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 36       | ISO 7089-16     |

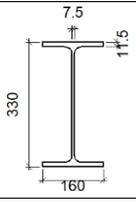
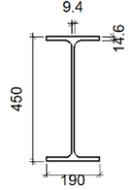
1.1.1.43.- Tipo 52

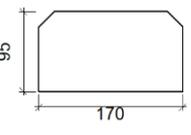
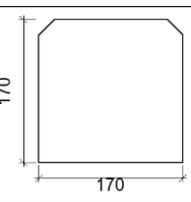
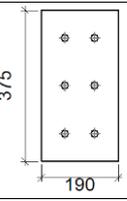
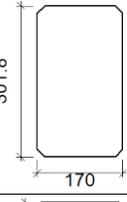
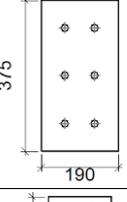
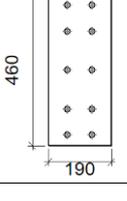
a) Detalle

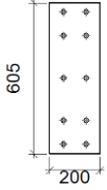


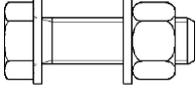
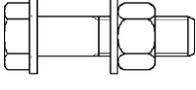
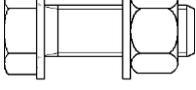
b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |           | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 450     |  | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |   | 170        | 95         | 15           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |  | 170        | 170        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 170        | 301.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 460        | 14           | 10       | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios       |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|---------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                           | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|                                 | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 450 |  | 200        | 605        | 15           | 10       | 22            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero                |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |    | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |   | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4017-M20x60-8.8<br>ISO 4032-M20-8<br>2 ISO 7089-20-200 HV |  | M20      | 60            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|--|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |  |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 29.19      |  |
|                                   | Cortante                       | kN                | 199.00 | 244.96     | 81.24      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 87.14  | 261.90     | 33.27      |  |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 64.52  | 261.90     | 24.64      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 80.25  | 261.90     | 30.64      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 95.86  | 261.90     | 36.60      |  |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 96.25  | 261.90     | 36.75      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 74.04  | 261.90     | 28.27      |  |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |  |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 90.28  | 169.36     | 53.31      |  |
|                                   | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 192.41 | 261.90     | 73.46      |  |
| Ala                               | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 77.74  | 261.90     | 29.68      |  |
|                                   | Tracción por flexión           | kN                | 120.98 | 180.86     | 66.89      |  |
| Viga (b) IPE 330                  | Tracción                       | kN                | 46.95  | 307.33     | 15.28      |  |
|                                   | Alma                           | kN                | 67.55  | 131.15     | 51.50      |  |
| Viga (a) IPE 450                  | Tracción por flexión           | kN                | 127.68 | 229.99     | 55.51      |  |
|                                   | Tracción                       | kN                | 51.25  | 390.05     | 13.14      |  |

|                  |                |                      |    |       |        |       |
|------------------|----------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Viga (c) IPE 330 | Alma           | Tracción             | kN | 70.20 | 162.44 | 43.22 |
|                  | Rigidizadores  | Tracción             | kN | 18.21 | 309.21 | 5.89  |
|                  | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN | 67.20 | 180.86 | 37.16 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN | 30.79 | 153.79 | 20.02 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 77     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas        | En ángulo | 7      | 77     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma           | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 77     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 78     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 14.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas        | En ángulo | 7      | 78     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma           | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 14.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 77     | 15.0   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 272    | 8.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 272    | 8.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 66.0                                | 66.0                                | 0.1                                  | 132.0                      | 34.22      | 66.0                                | 20.13      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.0                                  | 15.5                       | 4.02       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas        | 48.9                                | 48.9                                | 1.4                                  | 97.7                       | 25.33      | 48.9                                | 14.89      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma           | 0.0                                 | 0.0                                 | 69.6                                 | 120.6                      | 31.24      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 60.8                                | 60.8                                | 1.5                                  | 121.6                      | 31.51      | 60.8                                | 18.53      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 86.6                                 | 149.9                      | 38.85      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 70.8                                | 70.8                                | 11.5                                 | 143.1                      | 37.08      | 70.8                                | 21.60      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.7                                 | 23.7                       | 6.15       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 25.1                                | 25.1                                | 0.2                                  | 50.2                       | 13.02      | 25.1                                | 7.66       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas        | 18.1                                | 18.1                                | 57.7                                 | 106.2                      | 27.53      | 47.0                                | 14.33      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma           | 0.0                                 | 0.0                                 | 67.0                                 | 116.1                      | 30.07      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 32.5                                | 32.5                                | 0.2                                  | 64.9                       | 16.82      | 32.5                                | 9.90       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 56.1                                | 56.1                                | 1.3                                  | 112.2                      | 29.07      | 56.1                                | 17.09      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 79.6                                 | 137.9                      | 35.74      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 14.2                                 | 24.6                       | 6.38       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 14.2                                 | 24.6                       | 6.38       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 77.9                                 | 135.0                      | 34.97      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 80.6                                 | 139.6                      | 36.18      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 120.98 | 142.99     | 84.61      |

|      |            |    |        |        |       |
|------|------------|----|--------|--------|-------|
| Ala  | Compresión | kN | 181.75 | 481.90 | 37.71 |
|      | Tracción   | kN | 83.60  | 240.95 | 34.70 |
| Alma | Tracción   | kN | 45.42  | 157.34 | 28.87 |

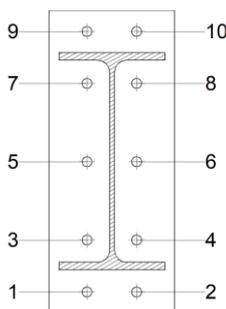
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 90.4                                | 90.4                                | 0.1                                  | 180.9                      | 46.87      | 90.4                                | 27.57      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 72.5                                | 72.5                                | 25.4                                 | 151.6                      | 39.29      | 72.5                                | 22.12      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 75.9                                | 75.9                                | 0.1                                  | 151.7                      | 39.32      | 75.9                                | 23.13      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



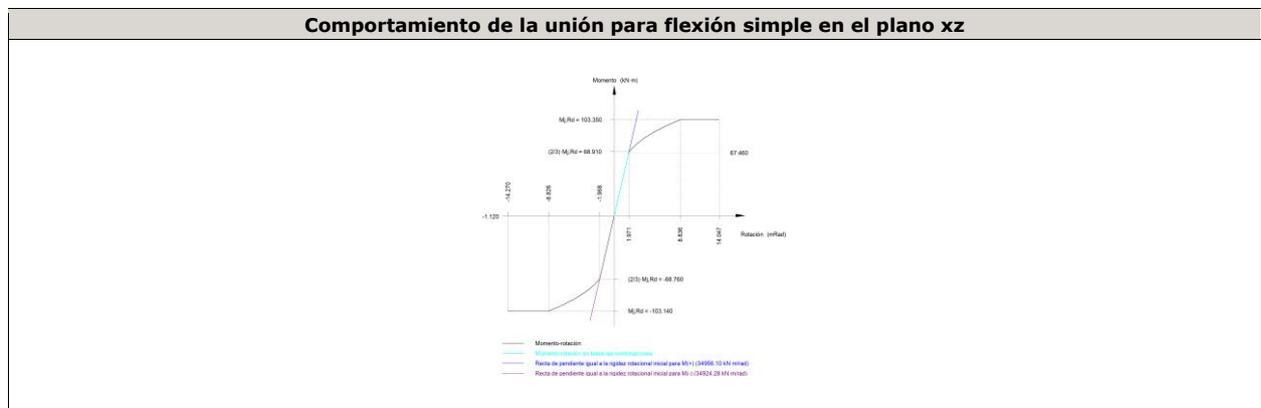
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 79                  | 75                  | 32.1   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 79                  | 75                  | 32.1   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 79                  | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 79                  | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 75                  | 33.0   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 75                  | 33.0   |  |
| 7           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 79                  | 75                  | 33.0   |  |
| 8           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 79                  | 75                  | 33.0   |  |
| 9           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | 32                  | 58                  | 79                  | 75                  | 32.0   |  |
| 10          | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | 32                  | 58                  | 79                  | 75                  | 32.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 27.535      | 64.340          | 42.80      | Vástago       | 4.401       | 90.432          | 4.87       | 42.80                           | 42.80           |
|             | Aplastamiento       | 27.535      | 183.680         | 14.99      | Punzonamiento | 4.401       | 219.639         | 2.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 27.535      | 64.340          | 42.80      | Vástago       | 0.690       | 90.432          | 0.76       | 42.80                           | 42.80           |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
|             | Aplastamiento       | 27.535      | 183.680         | 14.99      | Punzonamiento | 0.690       | 219.639         | 0.31       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.603       | 64.340          | 8.71       | Vástago       | 4.385       | 90.432          | 4.85       | 8.71                            | 8.71            |
|             | Aplastamiento       | 5.603       | 183.680         | 3.05       | Punzonamiento | 4.385       | 219.639         | 2.00       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.156       | 64.340          | 8.01       | Vástago       | 2.177       | 90.432          | 2.41       | 8.01                            | 8.01            |
|             | Aplastamiento       | 5.156       | 183.680         | 2.81       | Punzonamiento | 2.177       | 219.639         | 0.99       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 2.265       | 64.340          | 3.52       | Vástago       | 29.002      | 90.432          | 32.07      | 22.91                           | 32.07           |
|             | Aplastamiento       | 2.265       | 183.680         | 1.23       | Punzonamiento | 29.002      | 219.639         | 13.20      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 2.264       | 64.340          | 3.52       | Vástago       | 29.349      | 90.432          | 32.45      | 23.18                           | 32.45           |
|             | Aplastamiento       | 2.264       | 183.680         | 1.23       | Punzonamiento | 29.349      | 219.639         | 13.36      |                                 |                 |
| 7           | Sección transversal | 2.265       | 64.340          | 3.52       | Vástago       | 45.545      | 90.432          | 50.36      | 35.97                           | 50.36           |
|             | Aplastamiento       | 2.265       | 183.680         | 1.23       | Punzonamiento | 45.545      | 219.639         | 20.74      |                                 |                 |
| 8           | Sección transversal | 2.400       | 64.340          | 3.73       | Vástago       | 45.825      | 90.432          | 50.67      | 36.20                           | 50.67           |
|             | Aplastamiento       | 2.400       | 183.680         | 1.31       | Punzonamiento | 45.825      | 219.639         | 20.86      |                                 |                 |
| 9           | Sección transversal | 2.265       | 64.340          | 3.52       | Vástago       | 76.156      | 90.432          | 84.21      | 60.15                           | 84.21           |
|             | Aplastamiento       | 2.265       | 109.397         | 2.07       | Punzonamiento | 76.156      | 219.639         | 34.67      |                                 |                 |
| 10          | Sección transversal | 4.873       | 64.340          | 7.57       | Vástago       | 76.511      | 90.432          | 84.61      | 60.43                           | 84.61           |
|             | Aplastamiento       | 4.873       | 109.973         | 4.43       | Punzonamiento | 76.511      | 219.639         | 34.83      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 15443.59            | 34956.10            |
| Calculada para momentos negativos | 15443.59            | 34924.28            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02    | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 67.46   | 103.35     | 65.27      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 137.383 | 667        | 20.61      |

3) Viga (a) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 127.68 | 185.65     | 68.77      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 204.17 | 726.52     | 28.10      |
|                               | Tracción             | kN       | 89.80  | 363.26     | 24.72      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 48.12  | 227.02     | 21.19      |

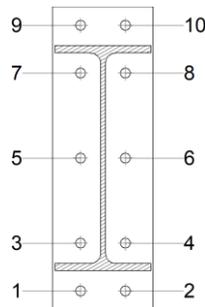
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 69.8                                | 69.8                                | 0.1                                  | 139.5                      | 36.16      | 69.8                                | 21.27      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 54.7                                | 54.7                                | 18.0                                 | 113.8                      | 29.48      | 54.7                                | 16.68      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 63.1                                | 63.1                                | 0.0                                  | 126.1                      | 32.68      | 63.1                                | 19.23      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



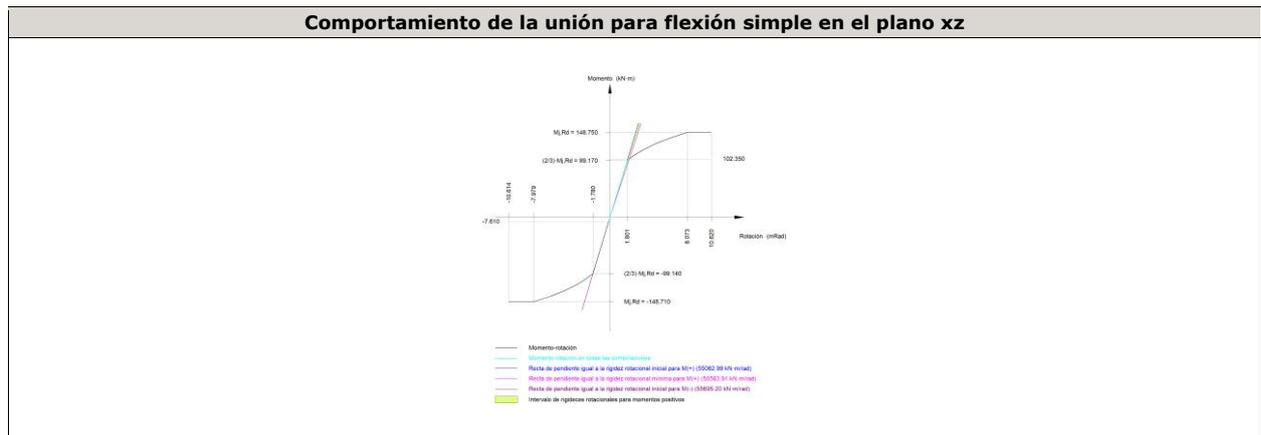
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | 37                  | 55                  | 95                  | 89                  | 37.4   |  |
| 2           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | 37                  | 55                  | 95                  | 89                  | 37.4   |  |
| 3           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | --                  | 55                  | 95                  | 89                  | 40.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | --                  | 55                  | 95                  | 89                  | 40.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | --                  | 55                  | 170                 | 89                  | 40.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | --                  | 55                  | 170                 | 89                  | 40.0   |  |
| 7           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | --                  | 55                  | 95                  | 89                  | 40.0   |  |
| 8           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | --                  | 55                  | 95                  | 89                  | 40.0   |  |
| 9           | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | 37                  | 55                  | 95                  | 89                  | 37.4   |  |
| 10          | ISO 4017-M20x60-8.8 | 22.0                | 37                  | 55                  | 95                  | 89                  | 37.4   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 22.684      | 78.400          | 28.93      | Vástago       | 5.154       | 141.120         | 3.65       | 28.93                           | 28.93           |
|             | Aplastamiento       | 22.684      | 245.999         | 9.22       | Punzonamiento | 5.154       | 291.899         | 1.77       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 22.684      | 78.400          | 28.93      | Vástago       | 9.131       | 141.120         | 6.47       | 28.93                           | 28.93           |
|             | Aplastamiento       | 22.684      | 246.000         | 9.22       | Punzonamiento | 9.131       | 291.899         | 3.13       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 16.281      | 78.400          | 20.77      | Vástago       | 3.022       | 141.120         | 2.14       | 20.77                           | 20.77           |
|             | Aplastamiento       | 16.281      | 246.000         | 6.62       | Punzonamiento | 3.022       | 291.899         | 1.04       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 22.684      | 78.400          | 28.93      | Vástago       | 6.213       | 141.120         | 4.40       | 28.93                           | 28.93           |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
|             | Aplastamiento       | 22.684      | 246.000         | 9.22       | Punzonamiento | 6.213       | 291.899         | 2.13       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.143       | 78.400          | 5.28       | Vástago       | 32.270      | 141.120         | 22.87      | 16.33                           | 22.87           |
|             | Aplastamiento       | 4.143       | 246.000         | 1.68       | Punzonamiento | 32.270      | 291.899         | 11.06      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.137       | 78.400          | 4.00       | Vástago       | 31.242      | 141.120         | 22.14      | 15.81                           | 22.14           |
|             | Aplastamiento       | 3.137       | 246.000         | 1.28       | Punzonamiento | 31.242      | 291.899         | 10.70      |                                 |                 |
| 7           | Sección transversal | 3.123       | 78.400          | 3.98       | Vástago       | 56.924      | 141.120         | 40.34      | 28.81                           | 40.34           |
|             | Aplastamiento       | 3.123       | 245.913         | 1.27       | Punzonamiento | 56.924      | 291.899         | 19.50      |                                 |                 |
| 8           | Sección transversal | 3.138       | 78.400          | 4.00       | Vástago       | 56.007      | 141.120         | 39.69      | 28.35                           | 39.69           |
|             | Aplastamiento       | 3.138       | 246.000         | 1.28       | Punzonamiento | 56.007      | 291.899         | 19.19      |                                 |                 |
| 9           | Sección transversal | 5.275       | 78.400          | 6.73       | Vástago       | 92.265      | 141.120         | 65.38      | 46.70                           | 65.38           |
|             | Aplastamiento       | 5.275       | 140.054         | 3.77       | Punzonamiento | 92.265      | 291.899         | 31.61      |                                 |                 |
| 10          | Sección transversal | 3.138       | 78.400          | 4.00       | Vástago       | 91.101      | 141.120         | 64.56      | 46.11                           | 64.56           |
|             | Aplastamiento       | 3.138       | 139.498         | 2.25       | Punzonamiento | 91.101      | 291.899         | 31.21      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 26722.75            | 55062.99            |
| Calculada para momentos negativos | 26722.75            | 55695.20            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31    | 1.80       | 72.88      |
| Momento resistente         | kNm      | 102.35  | 148.75     | 68.80      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 190.597 | 667        | 28.59      |

4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 67.20  | 180.86     | 37.16      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 101.27 | 481.90     | 21.01      |
|                               | Tracción             | kN       | 17.33  | 240.95     | 7.19       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 32.55  | 152.21     | 21.39      |

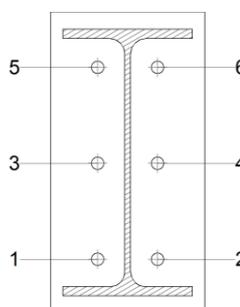
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 36.4                                | 36.4                                | 0.3                                  | 72.8                       | 18.87      | 36.4                                | 11.10      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 48.6                                | 48.6                                | 8.9                                  | 98.4                       | 25.50      | 48.6                                | 14.82      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 40.9                                | 40.9                                | 0.2                                  | 81.7                       | 21.18      | 40.9                                | 12.46      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

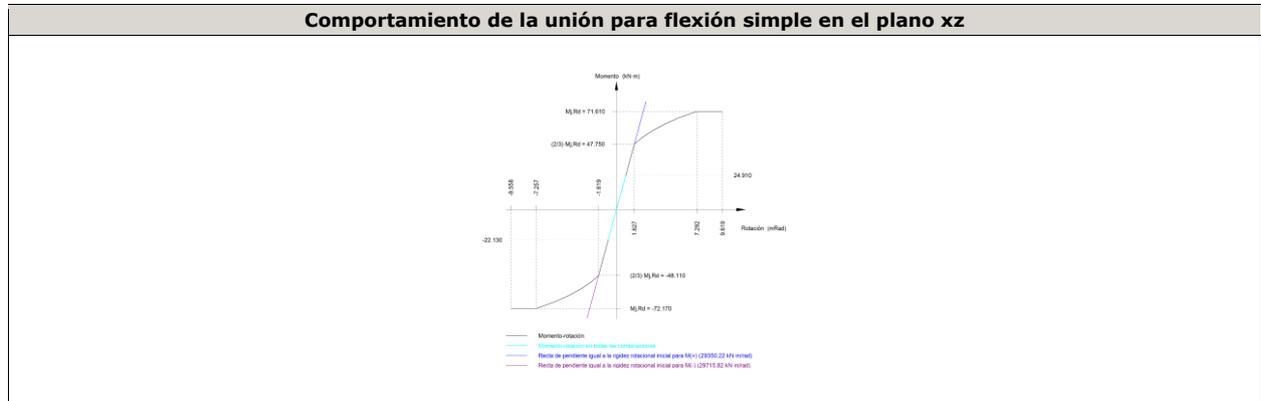


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 7.172       | 50.240          | 14.28      | Vástago       | 33.315      | 90.432          | 36.84      | 32.72                           | 36.84           |
|             | Aplastamiento       | 7.172       | 183.680         | 3.90       | Punzonamiento | 33.315      | 219.639         | 15.17      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.144       | 50.240          | 10.24      | Vástago       | 33.602      | 90.432          | 37.16      | 32.93                           | 37.16           |
|             | Aplastamiento       | 5.144       | 183.680         | 2.80       | Punzonamiento | 33.602      | 219.639         | 15.30      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.159       | 50.240          | 10.27      | Vástago       | 22.079      | 90.432          | 24.42      | 24.75                           | 24.75           |
|             | Aplastamiento       | 5.159       | 183.680         | 2.81       | Punzonamiento | 22.079      | 219.639         | 10.05      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.144       | 50.240          | 10.24      | Vástago       | 22.432      | 90.432          | 24.81      | 25.76                           | 25.76           |
|             | Aplastamiento       | 5.144       | 183.680         | 2.80       | Punzonamiento | 22.432      | 219.639         | 10.21      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.160       | 50.240          | 10.27      | Vástago       | 28.913      | 90.432          | 31.97      | 33.11                           | 33.11           |
|             | Aplastamiento       | 5.160       | 183.680         | 2.81       | Punzonamiento | 28.913      | 219.639         | 13.16      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.145       | 50.240          | 10.24      | Vástago       | 29.986      | 90.432          | 33.16      | 33.92                           | 33.92           |
|             | Aplastamiento       | 5.145       | 183.680         | 2.80       | Punzonamiento | 29.986      | 219.639         | 13.65      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 12303.98               | 29350.22               |
| Calculada para momentos negativos | 12303.98               | 29715.82               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 24.91  | 71.61      | 34.78      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 88.230 | 667        | 13.23      |

d) Medición

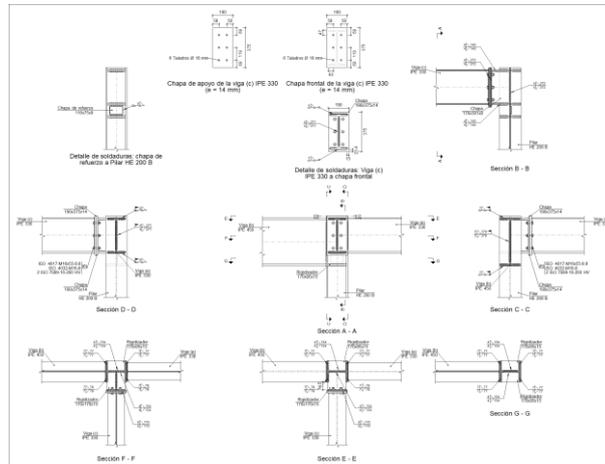
| <b>Soldaduras</b>       |           |           |                             |                              |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller | En ángulo | 4                           | 4339                         |
|                         |           |           | 5                           | 758                          |
|                         |           |           | 6                           | 1958                         |
|                         |           |           | 7                           | 2509                         |

| <b>Chapas</b> |               |          |                     |              |
|---------------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material      | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275          | Rigidizadores | 4        | 170x95x15           | 7.61         |
|               |               | 2        | 170x170x15          | 6.81         |
|               | Chapas        | 1        | 170x301x8           | 3.22         |
|               |               | 2        | 190x375x14          | 15.66        |
|               |               | 1        | 190x460x14          | 9.61         |
|               |               | 1        | 200x605x15          | 14.25        |
|               | Total         |          |                     |              |

| <b>Elementos de tornillería</b> |               |          |                 |
|---------------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                            | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                       | Clase 8.8     | 10       | ISO 4014-M16x65 |
|                                 |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
|                                 |               | 10       | ISO 4017-M20x60 |
| Tuercas                         | Clase 8       | 16       | ISO 4032-M16    |
|                                 |               | 10       | ISO 4032-M20    |
| Arandelas                       | Dureza 200 HV | 32       | ISO 7089-16     |
|                                 |               | 20       | ISO 7089-20     |

1.1.1.44.- Tipo 55

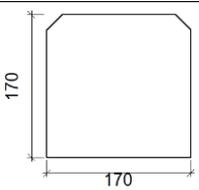
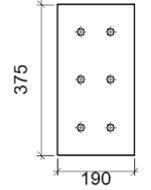
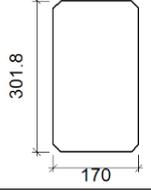
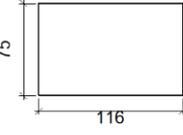
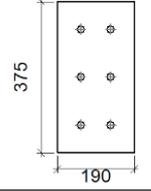
a) Detalle

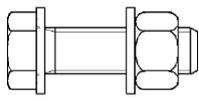


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |           | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 450     |           | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |               |      |                      |                      |  |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|------|----------------------|----------------------|--|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              |          | Taladros      |      | Acero                |                      |  |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |  |
| Rigidizador               |           | 170        | 95         | 15           | -        | -             | S275 | 275.0                | 410.0                |  |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 170        | 170        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 170        | 301.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de refuerzo                          |   | 116        | 75         | 9            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                         | Esbeltz              | --                | --     | --         | 29.19      |
|                               | Cortante             | kN                | 247.12 | 489.92     | 50.44      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 109.24 | 261.90     | 41.71      |
| Rigidizador intermedio        | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 93.47  | 261.90     | 35.69      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 93.67  | 261.90     | 35.76      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 109.18 | 261.90     | 41.69      |

|                  |                                   |                                |                   |        |        |       |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|--------|-------|
|                  | Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 93.89  | 261.90 | 35.85 |
|                  | Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 93.36  | 261.90 | 35.64 |
|                  | Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --     | 0.00  |
|                  |                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2      | 0.00  |
|                  | Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 74.45  | 169.36 | 43.96 |
|                  | Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 130.89 | 261.90 | 49.98 |
|                  |                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 70.89  | 261.90 | 27.07 |
| Viga (c) IPE 330 | Rigidizadores                     | Tracción                       | kN                | 16.30  | 309.21 | 5.27  |
|                  | Chapa de apoyo                    | Tracción por flexión           | kN                | 60.18  | 180.86 | 33.27 |
|                  | Chapa vertical                    | Tracción                       | kN                | 27.57  | 153.79 | 17.93 |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 77                                   | 15.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 77                                   | 15.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 77                                   | 15.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 78                                   | 15.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 78                                   | 15.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 6                                   | 190                                  | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 77                                   | 15.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 272                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                           | 4                                   | 272                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa de refuerzo al alma  | En ángulo                           | 6                                   | 384                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 82.8                                | 82.8                                | 0.1                                  | 165.6                      | 42.90           | 82.8                                | 25.24      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 4.8                                  | 8.3                        | 2.15            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 70.8                                | 70.8                                | 0.1                                  | 141.6                      | 36.70           | 70.8                                | 21.59      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 94.8                                 | 164.3                      | 42.57           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 71.0                                | 71.0                                | 0.1                                  | 141.9                      | 36.78           | 71.0                                | 21.63      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 100.9                                | 174.8                      | 45.30           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 82.7                                | 82.7                                | 1.2                                  | 165.4                      | 42.87           | 82.7                                | 25.22      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 5.9                                  | 10.3                       | 2.67            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 18.6                                | 18.6                                | 0.3                                  | 37.3                       | 9.66            | 18.6                                | 5.68       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 71.1                                | 71.1                                | 2.1                                  | 142.3                      | 36.87           | 71.1                                | 21.68      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 95.2                                 | 164.9                      | 42.74           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 25.4                                | 25.4                                | 0.3                                  | 50.9                       | 13.19           | 25.4                                | 7.76       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 70.7                                | 70.7                                | 0.0                                  | 141.5                      | 36.66           | 70.7                                | 21.56      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 100.6                                | 174.2                      | 45.15           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 4.8                                  | 8.4                        | 2.17            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 4.8                                  | 8.4                        | 2.17            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 49.5                                 | 85.8                       | 22.24           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 66.5                                 | 115.1                      | 29.84           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa de refuerzo al alma  | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |

## 2) Viga (b) IPE 450

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 7                                   | 190                                     | 14.6                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 5                                   | 379                                     | 9.4                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 7                                   | 190                                     | 14.6                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 76.1                                  | 76.1                                | 0.0                                     | 152.1                      | 39.42           | 76.1                                  | 23.19      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 62.8                                  | 62.8                                | 18.3                                    | 129.6                      | 33.57           | 62.8                                  | 19.15      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 70.7                                  | 70.7                                | 0.0                                     | 141.3                      | 36.63           | 70.7                                  | 21.55      | 410.0                      | 0.85      |

## 3) Viga (a) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 6                                   | 160                                     | 11.5                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 4                                   | 271                                     | 7.5                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 6                                   | 160                                     | 11.5                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 112.4                                 | 112.4                               | 0.0                                     | 224.8                      | 58.25           | 112.4                                 | 34.27      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 91.8                                  | 91.8                                | 27.5                                    | 189.7                      | 49.16           | 91.8                                  | 27.99      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 101.7                                 | 101.7                               | 0.0                                     | 203.3                      | 52.69           | 101.7                                 | 30.99      | 410.0                      | 0.85      |

## 4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 60.18  | 180.86     | 33.27      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 74.90  | 481.90     | 15.54      |
|                               | Tracción             | kN       | 15.52  | 240.95     | 6.44       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 29.15  | 152.21     | 19.15      |

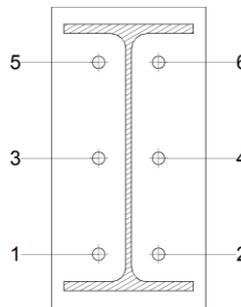
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 32.4                                | 32.4                                | 0.3                                  | 64.8                       | 16.80      | 32.4                                | 9.88       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 43.5                                | 43.5                                | 4.3                                  | 87.4                       | 22.64      | 43.5                                | 13.27      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 37.2                                | 37.2                                | 0.3                                  | 74.3                       | 19.26      | 37.2                                | 11.33      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

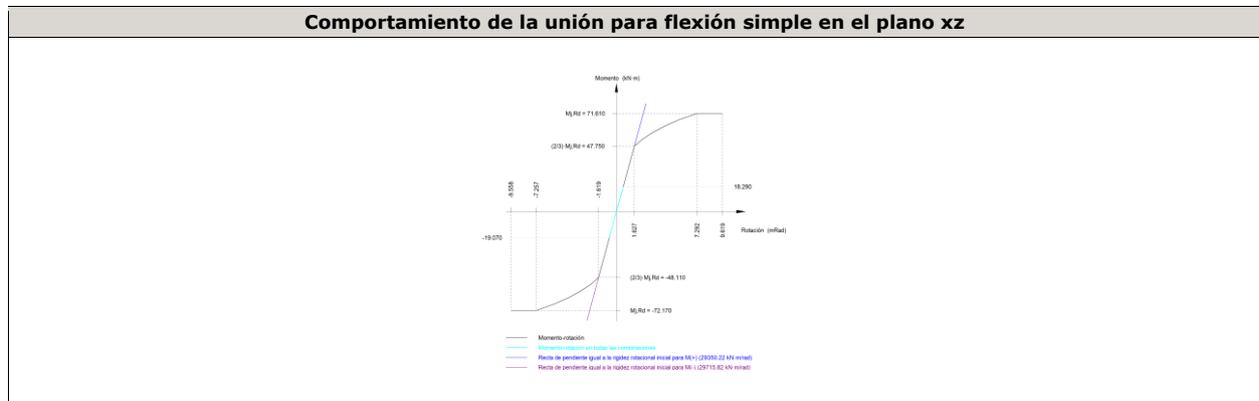


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 119                 | 74                  | 33.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 1.753       | 50.240          | 3.49       | Vástago       | 28.488      | 90.432          | 31.50      | 25.61                           | 31.50           |
|             | Aplastamiento       | 1.753       | 183.680         | 0.95       | Punzonamiento | 28.488      | 219.639         | 12.97      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 1.759       | 50.240          | 3.50       | Vástago       | 30.091      | 90.432          | 33.28      | 26.86                           | 33.28           |
|             | Aplastamiento       | 1.759       | 183.680         | 0.96       | Punzonamiento | 30.091      | 219.639         | 13.70      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 1.754       | 50.240          | 3.49       | Vástago       | 18.545      | 90.432          | 20.51      | 17.75                           | 20.51           |
|             | Aplastamiento       | 1.754       | 183.680         | 0.95       | Punzonamiento | 18.545      | 219.639         | 8.44       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 1.760       | 50.240          | 3.50       | Vástago       | 20.516      | 90.432          | 22.69      | 19.30                           | 22.69           |
|             | Aplastamiento       | 1.760       | 183.680         | 0.96       | Punzonamiento | 20.516      | 219.639         | 9.34       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 1.755       | 50.240          | 3.49       | Vástago       | 21.808      | 90.432          | 24.12      | 20.72                           | 24.12           |
|             | Aplastamiento       | 1.755       | 183.680         | 0.96       | Punzonamiento | 21.808      | 219.639         | 9.93       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 1.760       | 50.240          | 3.50       | Vástago       | 20.479      | 90.432          | 22.65      | 19.68                           | 22.65           |
|             | Aplastamiento       | 1.760       | 183.680         | 0.96       | Punzonamiento | 20.479      | 219.639         | 9.32       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 12303.98               | 29350.22               |
| Calculada para momentos negativos | 12303.98               | 29715.82               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 19.07  | 72.17      | 26.43      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 67.144 | 667        | 10.07      |

d) Medición

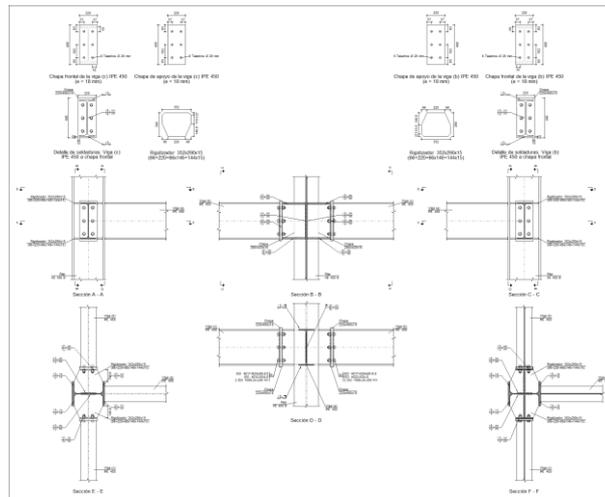
| Soldaduras     |                        |           |                             |                              |
|----------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller              | En ángulo | 4                           | 3797                         |
|                |                        |           | 6                           | 1743                         |
|                |                        |           | 7                           | 1852                         |
|                | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 542                          |
|                |                        |           | 5                           | 758                          |
|                |                        |           | 6                           | 599                          |
| 7              | 657                    |           |                             |                              |

| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x95x15           | 7.61         |
|          |               | 2        | 170x170x15          | 6.81         |
|          | Chapas        | 1        | 170x301x8           | 3.22         |
|          |               | 1        | 116x75x9            | 0.61         |
|          |               | 2        | 190x375x14          | 15.66        |
|          | Total         |          |                     |              |

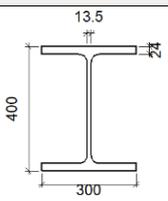
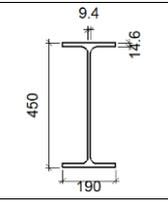
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |

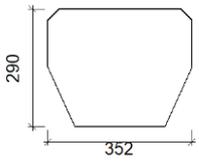
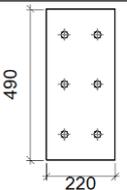
1.1.1.45.- Tipo 59

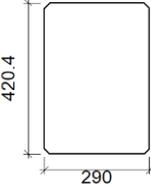
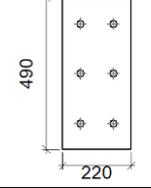
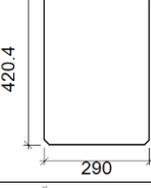
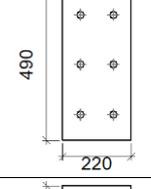
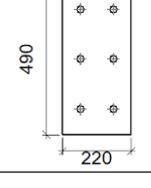
a) Detalle

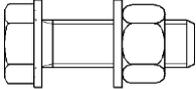


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría   |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |   | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 450     |  | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |  | 352        | 290        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 450 |  | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 450 |    | 290        | 420.4      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 450 |    | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 450 |    | 290        | 420.4      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 450            |   | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 450            |  | 220        | 490        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M24x80-8.8<br>ISO 4032-M24-8<br>2 ISO 7089-24-200 HV |  | M24      | 80            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                         | Esbeltez             | --                | --     | --         | 40.29      |
|                               | Cortante             | kN                | 360.23 | 827.48     | 43.53      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 90.31  | 261.90     | 34.48      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 85.36  | 261.90     | 32.59      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 90.31  | 261.90     | 34.48      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 85.36  | 261.90     | 32.59      |

|                                   |                                |                      |       |        |        |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|-------|--------|--------|-------|
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --    | --     | 0.00   |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --    | 2      | 0.00   |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 450] | Cortante                       | kN                   | 87.86 | 393.15 | 22.35  |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --    | --     | 0.00   |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --    | 2      | 0.00   |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 450] | Cortante                       | kN                   | 88.38 | 393.15 | 22.48  |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 47.65 | 261.90 | 18.20  |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 47.80 | 261.90 | 18.25  |       |
| Viga (c) IPE 450                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN    | 12.98  | 373.21 | 3.48  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN    | 50.24  | 347.09 | 14.47 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN    | 24.25  | 295.57 | 8.20  |
| Viga (b) IPE 450                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN    | 13.10  | 373.21 | 3.51  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN    | 50.64  | 347.09 | 14.59 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN    | 24.45  | 295.57 | 8.27  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 390    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 260    | 10.0   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 67.3                                | 67.3                                | 9.4                                  | 135.5                      | 35.11      | 67.3                                | 20.50      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 31.8                                 | 55.0                       | 14.25      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 15.3                                | 15.3                                | 0.0                                  | 30.6                       | 7.94       | 15.3                                | 4.67       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 64.7                                | 64.7                                | 1.0                                  | 129.3                      | 33.52      | 64.7                                | 19.71      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 30.5                                 | 52.8                       | 13.69      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 15.6                                | 15.6                                | 0.0                                  | 31.2                       | 8.07       | 15.6                                | 4.75       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 67.3                                | 67.3                                | 9.4                                  | 135.5                      | 35.11      | 67.3                                | 20.50      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 31.8                                 | 55.0                       | 14.25      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 15.4                                | 15.4                                | 0.0                                  | 30.9                       | 7.99       | 15.4                                | 4.70       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 64.7                                | 64.7                                | 1.0                                  | 129.3                      | 33.52      | 64.7                                | 19.71      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 30.5                                 | 52.8                       | 13.69      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 15.6                                | 15.6                                | 0.0                                  | 31.2                       | 8.07       | 15.6                                | 4.75       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.2                                 | 22.9                       | 5.93       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 13.2                                 | 22.9                       | 5.93       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 42.2                                 | 73.2                       | 18.96      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 14.5                                       | 25.2                          | 6.52          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 13.2                                       | 22.9                          | 5.94          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 13.2                                       | 22.9                          | 5.94          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 42.5                                       | 73.6                          | 19.07         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 14.5                                       | 25.2                          | 6.53          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

## 2) Viga (a) IPE 450

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 190       | 14.6      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5         | 379       | 9.4       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 190       | 14.6      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 81.3                                     | 81.3                                   | 0.0  | 162.6                         | 42.15         | 81.3                                     | 24.79         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 67.6                                     | 67.6                                   | 10.0                                       | 136.3                         | 35.31         | 67.6                                     | 20.60         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 79.5                                     | 79.5                                   | 0.1  | 158.9                         | 41.19         | 79.5                                     | 24.23         | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (c) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 50.24  | 346.44     | 14.50      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 68.35  | 726.52     | 9.41       |
|                               | Tracción             | kN       | 13.01  | 363.26     | 3.58       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 24.20  | 281.61     | 8.59       |

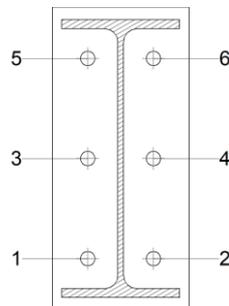
## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 190       | 14.6      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5         | 379       | 9.4       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 190       | 14.6      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 22.0                                     | 22.0                                   | 0.0  | 43.9                          | 11.39         | 22.0                                     | 6.70          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 19.7                                     | 19.7                                   | 10.9                                       | 43.6                          | 11.31         | 19.7                                     | 6.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 15.8                                     | 15.8                                   | 0.0  | 31.6                          | 8.19          | 15.8                                     | 4.82          | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos

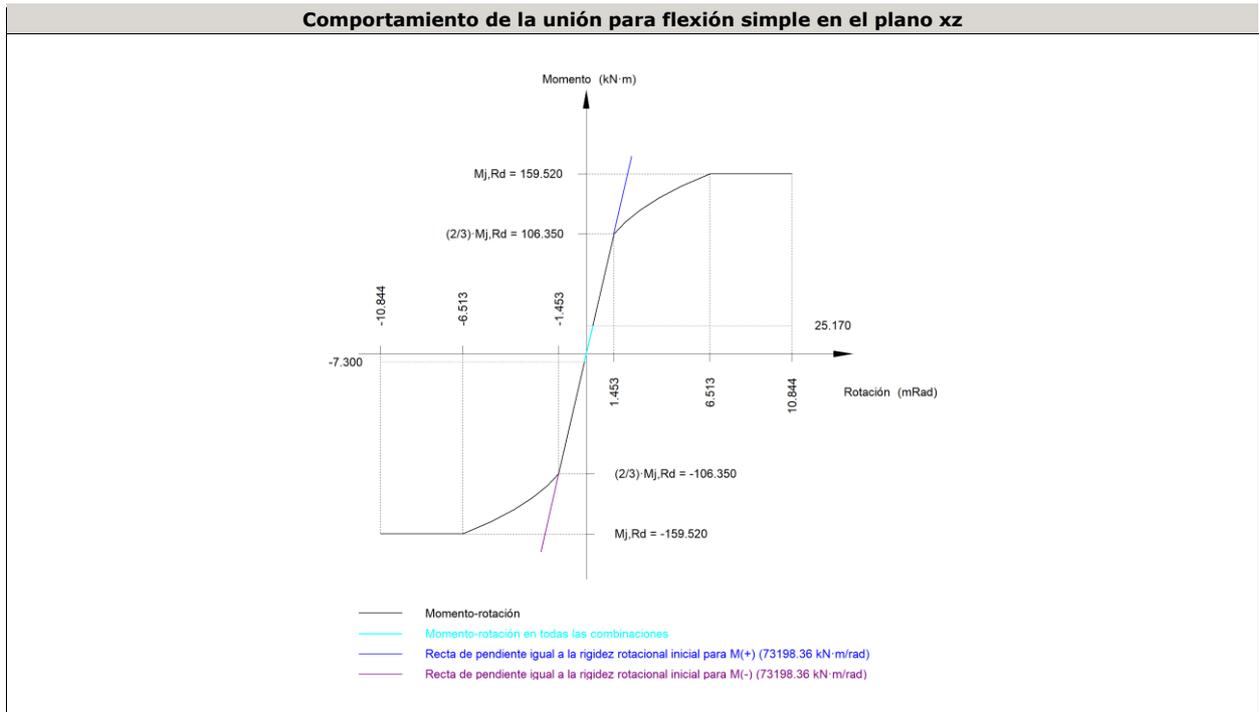


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 2           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 3           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 4           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 5           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |
| 6           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 15.524      | 112.960         | 13.74      | Vástago       | 16.854      | 203.328         | 8.29       | 13.74   | 13.74           |
|             | Aplastamiento       | 15.524      | 354.240         | 4.38       | Punzonamiento | 16.854      | 420.390         | 4.01       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 14.683      | 112.960         | 13.00      | Vástago       | 9.576       | 203.328         | 4.71       | 13.00   | 13.00           |
|             | Aplastamiento       | 14.683      | 354.240         | 4.14       | Punzonamiento | 9.576       | 420.390         | 2.28       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.876       | 112.960         | 6.09       | Vástago       | 18.166      | 203.328         | 8.93       | 12.32   | 12.32           |
|             | Aplastamiento       | 6.876       | 354.240         | 1.94       | Punzonamiento | 18.166      | 420.390         | 4.32       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.876       | 112.960         | 6.09       | Vástago       | 17.822      | 203.328         | 8.77       | 12.34   | 12.34           |
|             | Aplastamiento       | 6.876       | 354.240         | 1.94       | Punzonamiento | 17.822      | 420.390         | 4.24       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 6.876       | 112.960         | 6.09       | Vástago       | 29.456      | 203.328         | 14.49      | 16.42   | 16.42           |
|             | Aplastamiento       | 6.876       | 354.240         | 1.94       | Punzonamiento | 29.456      | 420.390         | 7.01       |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 8.279       | 112.960         | 7.33       | Vástago       | 29.484      | 203.328         | 14.50      | 16.43   | 16.43           |
|             | Aplastamiento       | 8.279       | 354.240         | 2.34       | Punzonamiento | 29.484      | 420.390         | 7.01       |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10663.86               | 73198.36               |
| Calculada para momentos negativos | 10663.86               | 73198.36               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31   | 1.80       | 72.84      |
| Momento resistente         | kNm      | 25.17  | 159.52     | 15.78      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 31.713 | 667        | 4.76       |

4) Viga (b) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 50.64  | 346.44     | 14.62      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 68.55  | 726.52     | 9.44       |
|                               | Tracción             | kN       | 13.12  | 363.26     | 3.61       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 24.39  | 281.61     | 8.66       |

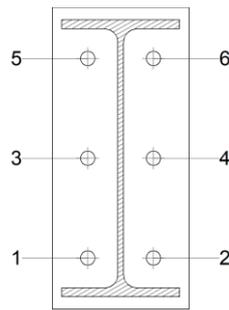
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
 l: Longitud efectiva  
 t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 22.1                                | 22.1                                | 0.0                                  | 44.3                       | 11.48      | 22.1                                | 6.75       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 19.8                                | 19.8                                | 10.9                                 | 43.9                       | 11.39      | 19.8                                | 6.05       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 15.8                                | 15.8                                | 0.0                                  | 31.7                       | 8.21       | 15.9                                | 4.83       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

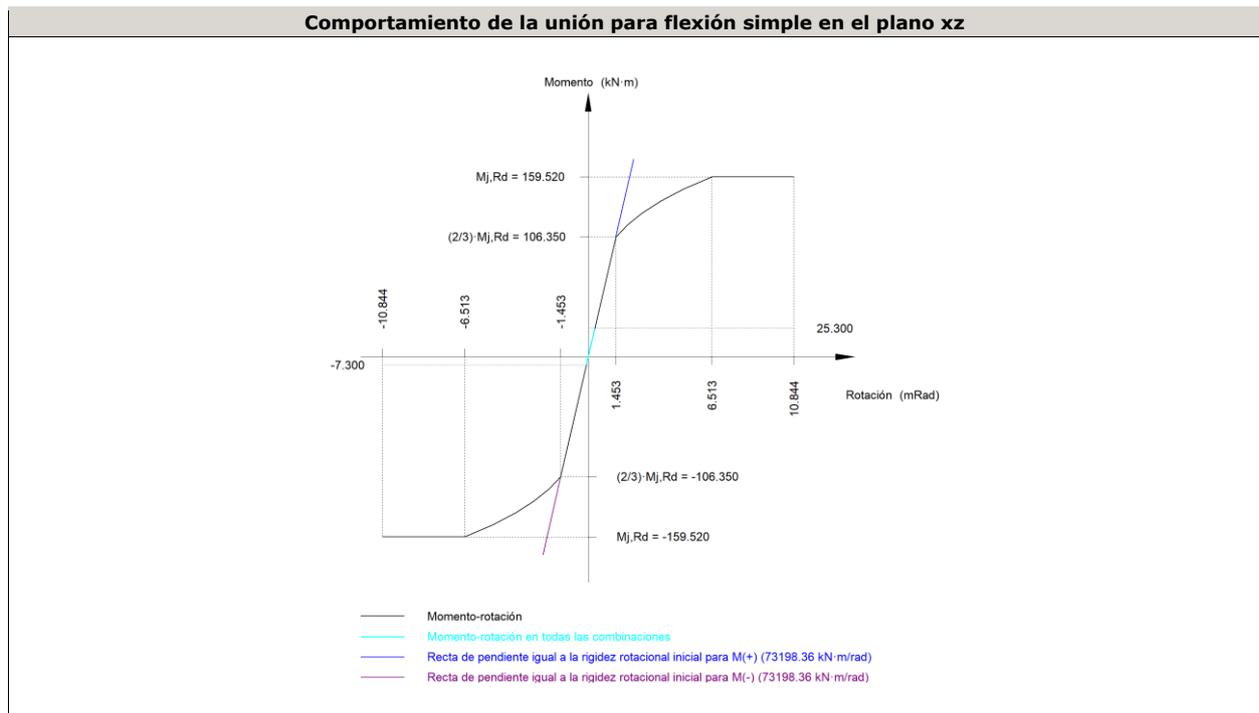


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |  |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |  |
| 2           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |  |
| 3           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |  |
| 4           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |  |
| 5           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |  |
| 6           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                   | --                     | 57                     | 162                    | 106                    | 48.0      |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 14.681      | 112.960         | 13.00      | Vástago       | 9.580       | 203.328         | 4.71       | 13.00                           | 13.00           |
|             | Aplastamiento       | 14.681      | 354.240         | 4.14       | Punzonamiento | 9.580       | 420.390         | 2.28       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 15.524      | 112.960         | 13.74      | Vástago       | 16.855      | 203.328         | 8.29       | 13.74                           | 13.74           |
|             | Aplastamiento       | 15.524      | 354.240         | 4.38       | Punzonamiento | 16.855      | 420.390         | 4.01       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.885       | 112.960         | 6.09       | Vástago       | 17.961      | 203.328         | 8.83       | 12.40                           | 12.40           |
|             | Aplastamiento       | 6.885       | 354.240         | 1.94       | Punzonamiento | 17.961      | 420.390         | 4.27       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.885       | 112.960         | 6.09       | Vástago       | 18.168      | 203.328         | 8.94       | 12.38                           | 12.38           |
|             | Aplastamiento       | 6.885       | 354.240         | 1.94       | Punzonamiento | 18.168      | 420.390         | 4.32       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 8.278       | 112.960         | 7.33       | Vástago       | 29.721      | 203.328         | 14.62      | 16.53                           | 16.53           |
|             | Aplastamiento       | 8.278       | 354.240         | 2.34       | Punzonamiento | 29.721      | 420.390         | 7.07       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.885       | 112.960         | 6.09       | Vástago       | 29.680      | 203.328         | 14.60      | 16.52                           | 16.52           |
|             | Aplastamiento       | 6.885       | 354.240         | 1.94       | Punzonamiento | 29.680      | 420.390         | 7.06       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10663.86               | 73198.36               |
| Calculada para momentos negativos | 10663.86               | 73198.36               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31   | 1.80       | 72.84      |
| Momento resistente         | kNm      | 25.30  | 159.52     | 15.86      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 31.879 | 667        | 4.78       |

d) Medición

| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 5203                      |
|             |                        |           | 5                        | 1515                      |
|             |                        |           | 6                        | 2384                      |
|             |                        |           | 7                        | 5051                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 5                        | 758                       |
|             |                        |           | 7                        | 716                       |

| Chapas   |               |          |                                      |           |
|----------|---------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                     | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 352x290x15<br>(66+220+66x146+144x15) | 43.52     |
|          | Chapas        | 2        | 290x420x10                           | 19.14     |
|          |               | 4        | 220x490x18                           | 60.93     |
|          | Total         |          |                                      |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M24x80 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M24    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-24     |

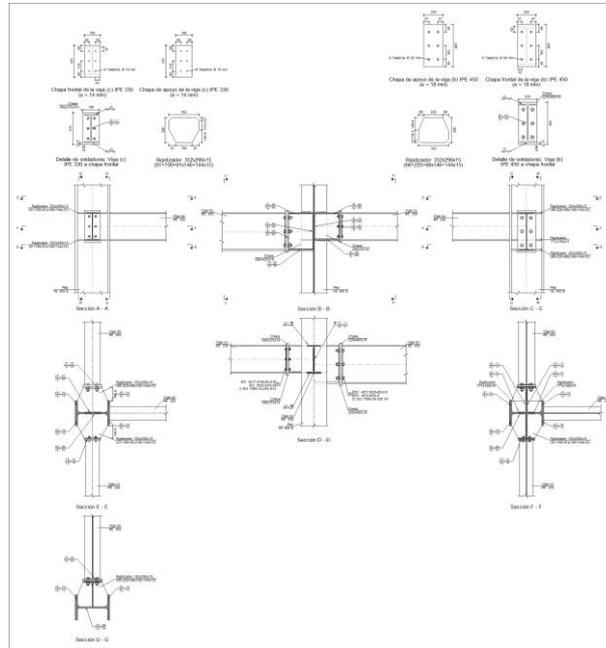
## 1.- ESTRUCTURA

1.1.- Uniones

1.1.1.- Memoria de cálculo

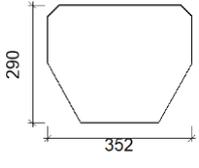
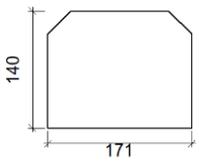
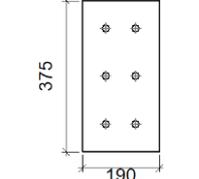
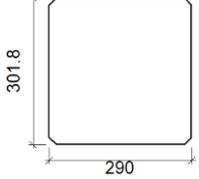
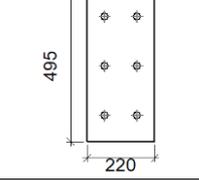
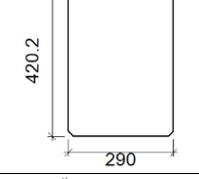
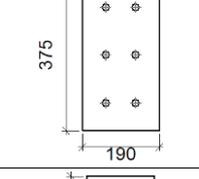
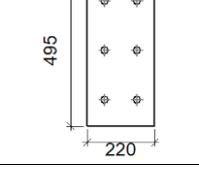
1.1.1.1.- Tipo 61

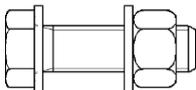
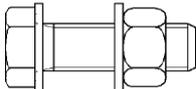
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

|       |             | Perfiles  |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|-------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
|       |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) |       |                      |                      |
| Pilar | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | IPE 450     |           | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 352        | 290        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador                                |    | 171        | 140        | 15           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |   | 290        | 301.8      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 450 |  | 220        | 495        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 450 |  | 290        | 420.2      | 10           | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 375        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 450            |  | 220        | 495        | 18           | 6        | 26            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero                |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4017-M24x80-8.8<br>ISO 4032-M24-8<br>2 ISO 7089-24-200 HV |  | M24      | 80            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                      |        |            |            |       |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                             | Esbitez                        | --                   | --     | --         | 40.29      |       |
|                                   | Cortante                       | kN                   | 155.98 | 609.49     | 25.59      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 53.90  | 261.90     | 20.58      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 53.47  | 261.90     | 20.42      |       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 73.53  | 261.90     | 28.08      |       |
| Rigidizador intermedio            | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 39.13  | 261.90     | 14.94      |       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup>    | 30.79  | 261.90     | 11.76      |       |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                   | 81.37  | 314.52     | 25.87      |       |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 450]  | Interacción flexión - cortante | --                   | --     | --         | 0.00       |       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad                 | --     | 2          | 0.00       |       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 450] | Cortante                       | kN                   | 62.39  | 393.15     | 15.87      |       |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup>    | 55.29  | 261.90     | 21.11      |       |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup>    | 38.72  | 261.90     | 14.78      |       |
| Viga (c) IPE 330                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 11.38      | 309.21     | 3.68  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 42.01      | 180.86     | 23.23 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 19.25      | 153.79     | 12.52 |
| Viga (b) IPE 450                  | Rigidizadores                  | Tracción             | kN     | 11.81      | 373.21     | 3.16  |
|                                   | Chapa de apoyo                 | Tracción por flexión | kN     | 45.65      | 347.09     | 13.15 |
|                                   | Chapa vertical                 | Tracción             | kN     | 22.04      | 295.57     | 7.46  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | En ángulo | 6      | 190    | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 116    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 6      | 298    | 13.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 7      | 220    | 15.0   | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | En ángulo                              | 6                                      | 113                                     | 15.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | En ángulo                              | 6                                      | 117                                     | 13.5                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | En ángulo                              | 7                                      | 113                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | En ángulo                              | 6                                      | 117                                     | 13.5                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                              | 6                                      | 116                                     | 15.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                              | 6                                      | 298                                     | 13.5                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                              | 7                                      | 220                                     | 15.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 272                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                              | 4                                      | 272                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 8.0                           | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                              | 4                                      | 390                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                              | 4                                      | 390                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                              | 4                                      | 260                                     | 10.0                          | 90.00              |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |               |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |                    | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 46.9                                   | 46.9                                   | 6.7                                     | 94.6                          | 24.51              | 46.9                                   | 14.31         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 15.6                                    | 27.1                          | 7.02               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 18.0                                   | 18.0                                   | 0.0                                     | 36.0                          | 9.32               | 18.0                                   | 5.48          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 46.6                                   | 46.6                                   | 5.8                                     | 93.8                          | 24.30              | 46.6                                   | 14.21         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 15.6                                    | 27.1                          | 7.02               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 18.0                                   | 18.0                                   | 0.0                                     | 36.1                          | 9.34               | 18.0                                   | 5.50          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 59.0                                   | 59.0                                   | 22.2                                    | 124.2                         | 32.18              | 59.0                                   | 17.99         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 19.5                                    | 33.7                          | 8.74               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 13.5                                   | 13.5                                   | 0.1                                     | 27.0                          | 6.99               | 13.5                                   | 4.11          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a las alas  | 34.5                                   | 34.5                                   | 1.5                                     | 69.1                          | 17.91              | 34.5                                   | 10.53         | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.6                                    | 25.3                          | 6.56               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio a la chapa vertical                                 | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador intermedio al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.6                                    | 25.3                          | 6.56               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                    | 0.0                                    | 22.2                                    | 38.5                          | 9.97               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 0.2                                     | 0.3                           | 0.08               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 11.1                                   | 11.1                                   | 0.1                                     | 22.2                          | 5.74               | 11.1                                   | 3.38          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.8                                    | 25.6                          | 6.64               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                    | 0.0                                    | 14.8                                    | 25.6                          | 6.64               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 39.1                                    | 67.8                          | 17.56              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 15.6                                    | 27.0                          | 6.99               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                    | 0.0                                    | 10.1                                    | 17.5                          | 4.53               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                    | 0.0                                    | 10.1                                    | 17.5                          | 4.53               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 30.0                                    | 52.0                          | 13.46              | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                    | 0.0                                    | 11.1                                    | 19.2                          | 4.98               | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

## 2) Viga (a) IPE 330

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | 80.2                                | 80.2                                | 0.3                                  | 160.5                      | 41.59           | 80.3                                | 24.47      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 56.2                                | 56.2                                | 11.2                                 | 114.0                      | 29.54           | 56.2                                | 17.13      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 69.0                                | 69.0                                | 0.3                                  | 138.1                      | 35.78           | 69.0                                | 21.05      | 410.0                               | 0.85           |

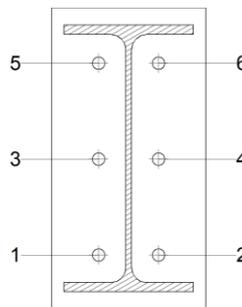
3) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 42.01  | 180.86     | 23.23      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 60.21  | 481.90     | 12.49      |
|                               | Tracción             | kN       | 10.51  | 240.95     | 4.36       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 21.00  | 155.64     | 13.49      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 4                                   | 271                                  | 7.5                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                           | 6                                   | 160                                  | 11.5                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior   | 25.5                                | 25.5                                | 0.0                                  | 51.0                       | 13.22           | 25.5                                | 7.77       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma   | 29.7                                | 29.7                                | 14.8                                 | 64.7                       | 16.76           | 29.7                                | 9.05       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior   | 19.5                                | 19.5                                | 0.1                                  | 39.0                       | 10.11           | 19.5                                | 5.95       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

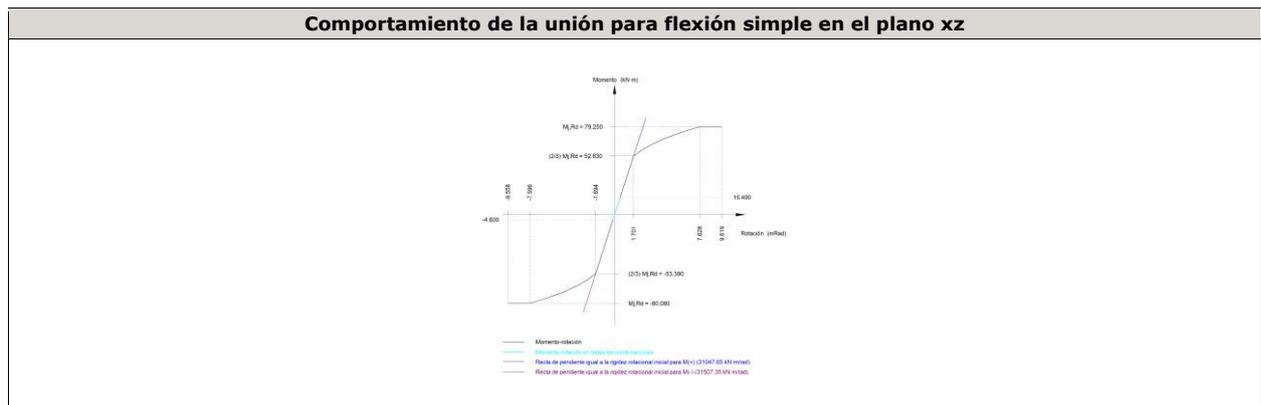


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |  |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 119                    | 74                     | 33.0      |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 119                    | 74                     | 33.0      |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 119                    | 74                     | 33.0      |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 119                    | 74                     | 33.0      |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 119                    | 74                     | 33.0      |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 119                    | 74                     | 33.0      |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 15.212      | 50.240          | 30.28      | Vástago       | 7.372       | 90.432          | 8.15       | 30.28                           | 30.28           |
|             | Aplastamiento       | 15.212      | 183.680         | 8.28       | Punzonamiento | 7.372       | 219.639         | 3.36       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.492       | 50.240          | 10.93      | Vástago       | 8.321       | 90.432          | 9.20       | 11.85                           | 11.85           |
|             | Aplastamiento       | 5.492       | 183.680         | 2.99       | Punzonamiento | 8.321       | 219.639         | 3.79       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.360       | 50.240          | 10.67      | Vástago       | 13.762      | 90.432          | 15.22      | 21.54                           | 21.54           |
|             | Aplastamiento       | 5.360       | 183.680         | 2.92       | Punzonamiento | 13.762      | 219.639         | 6.27       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.360       | 50.240          | 10.67      | Vástago       | 13.693      | 90.432          | 15.14      | 21.48                           | 21.48           |
|             | Aplastamiento       | 5.360       | 183.680         | 2.92       | Punzonamiento | 13.693      | 219.639         | 6.23       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.360       | 50.240          | 10.67      | Vástago       | 21.007      | 90.432          | 23.23      | 27.26                           | 27.26           |
|             | Aplastamiento       | 5.360       | 183.680         | 2.92       | Punzonamiento | 21.007      | 219.639         | 9.56       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.360       | 50.240          | 10.67      | Vástago       | 20.951      | 90.432          | 23.17      | 27.22                           | 27.22           |
|             | Aplastamiento       | 5.360       | 183.680         | 2.92       | Punzonamiento | 20.951      | 219.639         | 9.54       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11668.52               | 31047.65               |
| Calculada para momentos negativos | 11668.52               | 31507.35               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 15.49  | 79.25      | 19.54      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 51.856 | 667        | 7.78       |

4) Viga (b) IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |              |          |        |            |            |
|-------------------------------|--------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |

|               |                      |    |       |        |       |
|---------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN | 45.65 | 346.29 | 13.18 |
| Ala           | Compresión           | kN | 52.30 | 726.52 | 7.20  |
|               | Tracción             | kN | 11.80 | 363.26 | 3.25  |
| Alma          | Tracción             | kN | 22.05 | 282.11 | 7.81  |

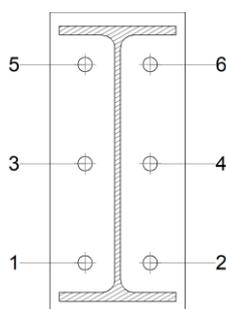
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 379    | 9.4    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7      | 190    | 14.6   | 90.00           |  |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 20.8                                | 20.8                                | 0.3                                  | 41.5                       | 10.77      | 20.8                                | 6.33       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 17.9                                | 17.9                                | 4.1                                  | 36.4                       | 9.43       | 17.9                                | 5.45       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 17.0                                | 17.0                                | 0.1                                  | 34.0                       | 8.82       | 17.0                                | 5.19       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



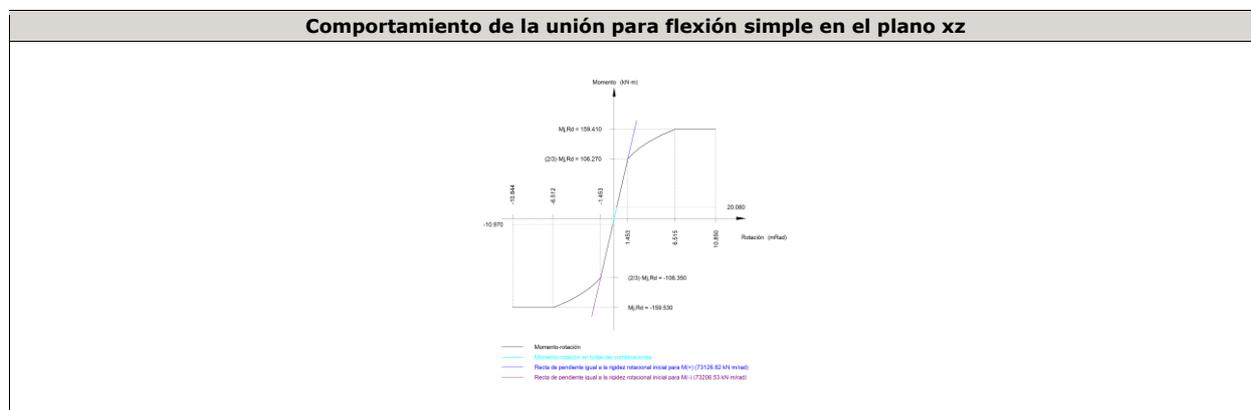
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M24x80-8.8 | 26.0                | --                  | 57                  | 162                 | 106                 | 48.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 9.212       | 112.960         | 8.16       | Vástago       | 9.322       | 203.328         | 4.58       | 8.16  | 8.16            |
|             | Aplastamiento       | 9.212       | 354.240         | 2.60       | Punzonamiento | 9.322       | 420.390         | 2.22       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 10.362      | 112.960         | 9.17       | Vástago       | 8.903       | 203.328         | 4.38       | 9.18  | 9.18            |
|             | Aplastamiento       | 10.362      | 354.240         | 2.93       | Punzonamiento | 8.903       | 420.390         | 2.12       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.247       | 112.960         | 4.64       | Vástago       | 17.722      | 203.328         | 8.72       | 8.34  | 8.72            |
|             | Aplastamiento       | 5.247       | 354.240         | 1.48       | Punzonamiento | 17.722      | 420.390         | 4.22       |   |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.246       | 112.960         | 4.64       | Vástago       | 14.703      | 203.328         | 7.23       | 8.32                            | 8.32            |
|             | Aplastamiento       | 5.246       | 354.240         | 1.48       | Punzonamiento | 14.703      | 420.390         | 3.50       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.247       | 112.960         | 4.64       | Vástago       | 26.806      | 203.328         | 13.18      | 11.74                           | 13.18           |
|             | Aplastamiento       | 5.247       | 354.240         | 1.48       | Punzonamiento | 26.806      | 420.390         | 6.38       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.632       | 112.960         | 5.87       | Vástago       | 24.909      | 203.328         | 12.25      | 11.10                           | 12.25           |
|             | Aplastamiento       | 6.632       | 354.240         | 1.87       | Punzonamiento | 24.909      | 420.390         | 5.93       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 10660.53            | 73126.82            |
| Calculada para momentos negativos | 10660.53            | 73206.53            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.31   | 1.80       | 72.84      |
| Momento resistente         | kNm      | 20.08  | 159.41     | 12.60      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 25.278 | 667        | 3.79       |

d) Medición

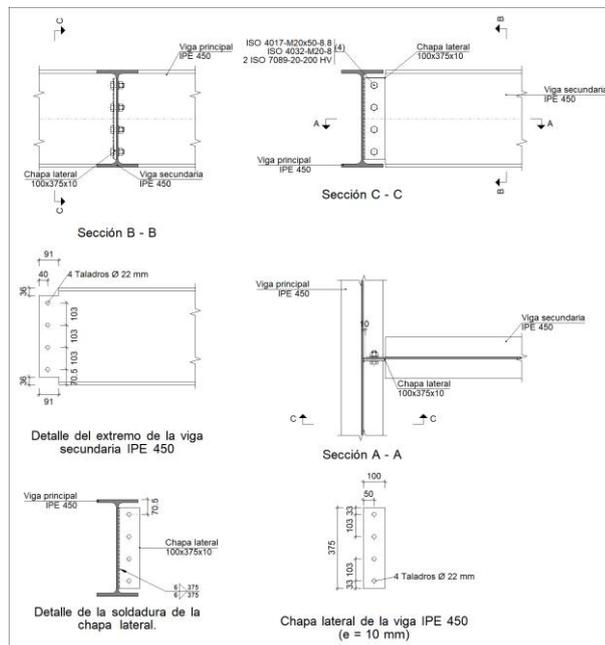
| Soldaduras           |                        |           |                          |                           |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller              | En ángulo | 4                        | 5270                      |
|                      |                        |           | 5                        | 758                       |
|                      |                        |           | 6                        | 6523                      |
|                      |                        |           | 7                        | 2048                      |
|                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|                      |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                                      |           |
|----------|---------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                     | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 352x290x15<br>(81+190+81x146+144x15) | 21.24     |
|          |               | 2        | 352x290x15<br>(66+220+66x146+144x15) | 21.76     |
|          |               | 2        | 171x140x15                           | 5.64      |
|          | Chapas        | 1        | 290x301x8                            | 5.50      |
|          |               | 1        | 290x420x10                           | 9.57      |
|          |               | 2        | 190x375x14                           | 15.66     |
|          |               | 2        | 220x495x18                           | 30.78     |
|          |               |          |                                      |           |

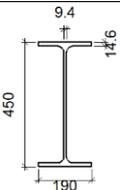
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4017-M16x55 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M24x80 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 6        | ISO 4032-M16    |
|                          |               | 6        | ISO 4032-M24    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 12       | ISO 7089-16     |
|                          |               | 12       | ISO 7089-24     |

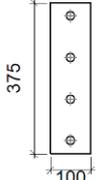
1.1.1.2.- Tipo 62

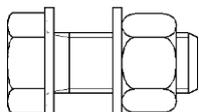
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 450     |  | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios              |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                  | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga secundaria IPE 450 |  | 100        | 375        | 10           | 4        | 22            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M20x50-8.8<br>ISO 4032-M20-8<br>2 ISO 7089-20-200 HV |  | M20      | 50            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Viga principal

| Comprobaciones de resistencia |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Punzonamiento                    | kN       | 1.64   | 251.11     | 0.65       |
|                               | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 1.64   | 610.93     | 0.27       |

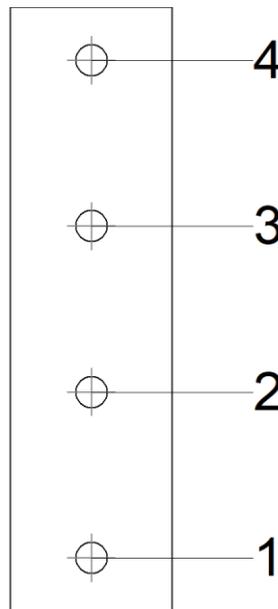
2) Viga secundaria IPE 450

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.04       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 17.38      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 19.09  | 235.15     | 8.12       |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 25.89  | 88.58      | 29.23      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 89.48  | 433.97     | 20.62      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 25.89  | 89.22      | 29.02      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 89.48  | 412.20     | 21.71      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 38.26  | 191.79     | 19.95      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.                        | En ángulo                           | 6                                   | 375                                  | 9.4                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| a: Espesor garganta<br>l: Longitud efectiva<br>t: Espesor de piezas |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.                        | 11.3                                | 11.3                                | 19.9                                 | 41.1                       | 10.66           | 11.3                                | 3.43       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M20x50-8.8 | 22.0                | 33                  | 40                  | 103                 | --                  | 33.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M20x50-8.8 | 22.0                | --                  | 40                  | 103                 | --                  | 50.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M20x50-8.8 | 22.0                | --                  | 40                  | 103                 | --                  | 50.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M20x50-8.8 | 22.0                | 33                  | 40                  | 103                 | --                  | 33.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 25.891      | 78.400          | 33.02      | Vástago       | 0.413       | 141.120         | 0.29       | 33.02                           | 33.02           |
|             | Aplastamiento       | 25.891      | 150.456         | 17.21      | Punzonamiento | 0.413       | 182.923         | 0.23       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 22.789      | 78.400          | 29.07      | Vástago       | 0.413       | 141.120         | 0.29       | 29.07                           | 29.07           |
|             | Aplastamiento       | 22.789      | 161.829         | 14.08      | Punzonamiento | 0.413       | 182.923         | 0.23       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 22.788      | 78.400          | 29.07      | Vástago       | 0.413       | 141.120         | 0.29       | 29.07                           | 29.07           |
|             | Aplastamiento       | 22.788      | 161.834         | 14.08      | Punzonamiento | 0.413       | 182.923         | 0.23       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 25.888      | 78.400          | 33.02      | Vástago       | 0.413       | 141.120         | 0.29       | 33.02                           | 33.02           |
|             | Aplastamiento       | 25.888      | 88.575          | 29.23      | Punzonamiento | 0.413       | 182.923         | 0.23       |                                 |                 |

d) Medición

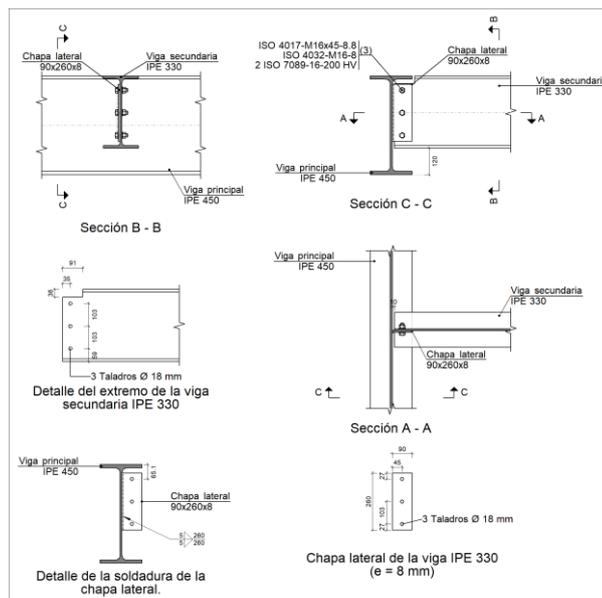
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 6                        | 750                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 100x375x10       | 2.94      |
|          | Total  |          |                  | 2.94      |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 4        | ISO 4017-M20x50 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 4        | ISO 4032-M20    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 8        | ISO 7089-20     |

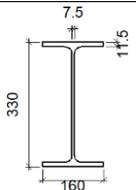
1.1.1.3.- Tipo 63

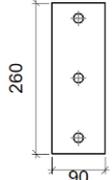
a) Detalle

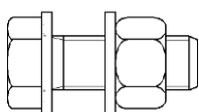


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 450     |           | 450              | 190                | 14.6                 | 9.4                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios              |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                  | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga secundaria IPE 330 |  | 90         | 260        | 8            | 3        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x45-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 45            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Viga principal

| Comprobaciones de resistencia |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Punzonamiento                    | kN       | 1.15   | 141.36     | 0.81       |
|                               | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 1.13   | 503.72     | 0.22       |

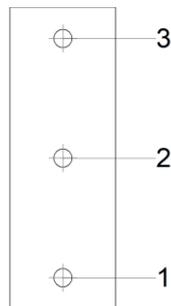
2) Viga secundaria IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.09       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 12.12      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 14.80  | 228.15     | 6.49       |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 11.73  | 58.32      | 20.11      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 29.50  | 249.20     | 11.84      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 11.73  | 82.86      | 14.15      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 29.50  | 322.26     | 9.15       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | En ángulo                           | 5                                   | 260                                  | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | 8.9                                 | 9.1                                 | 11.4                                 | 26.8                       | 6.94            | 9.1                                 | 2.77       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 27                  | 35                  | 103                 | --                  | 27.0   |
| 2           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | --                  | 35                  | 103                 | --                  | 45.0   |
| 3           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 27                  | 35                  | 103                 | --                  | 27.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 11.781      | 50.240          | 23.45      | Vástago       | 0.342       | 90.432          | 0.38       | 23.63                           | 23.63           |
|             | Aplastamiento       | 11.781      | 98.585          | 11.95      | Punzonamiento | 0.342       | 117.664         | 0.29       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 9.832       | 50.240          | 19.57      | Vástago       | 0.342       | 90.432          | 0.38       | 19.75                           | 19.75           |
|             | Aplastamiento       | 9.832       | 104.959         | 9.37       | Punzonamiento | 0.342       | 117.664         | 0.29       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 11.728      | 50.240          | 23.34      | Vástago       | 0.342       | 90.432          | 0.38       | 23.52                           | 23.52           |
|             | Aplastamiento       | 11.728      | 58.317          | 20.11      | Punzonamiento | 0.342       | 117.664         | 0.29       |                                 |                 |

d) Medición

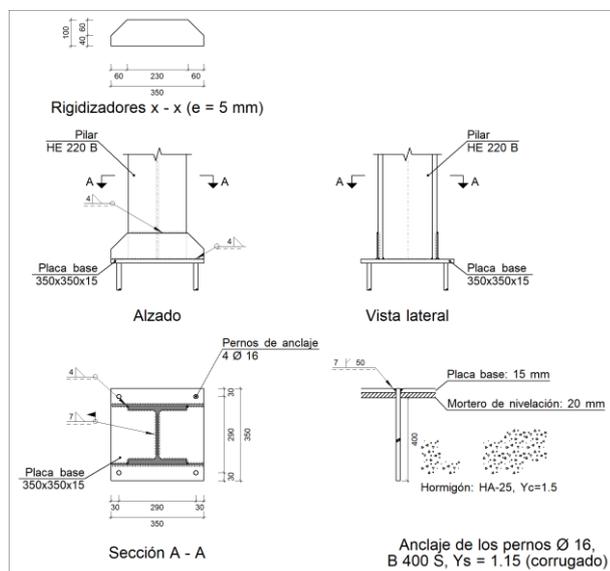
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 5                        | 520                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 1        | 90x260x8         | 1.47      |
|          | Total  |          |                  | 1.47      |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 3        | ISO 4017-M16x45 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 3        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 6        | ISO 7089-16     |

1.1.1.4.- Tipo 64

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |            |       |                      |                      |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |            | Acero |                      |                      |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Placa base                |           | 350        | 350        | 15           | 4        | 30                     | 18                     | 7          | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Rigidizador               |           | 350        | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0                | 410.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|--------------------|--|--|----------------|
| Ref.   | Tipo                                   | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                               | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |  |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                              | 7                                      | 717                                     | 9.5                           | 90.00              |  |  |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Comprobación de resistencia  |  |  |   |                               |                    |  |  |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               | Tensión normal     |  | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) |  |                |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |                    |  | 410.0                                  | 0.85           |

2) Placa de anclaje

| Referencia:   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 48 mm<br>Calculado: 291 mm   | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 30 mm  | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a X:  | Máximo: 50<br>Calculado: 41.3  | Cumple                               |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 18 cm<br>Calculado: 40 cm  | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br>- Cortante:<br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 54.71 kN<br>Calculado: 49.38 kN<br>Máximo: 38.29 kN<br>Calculado: 3.28 kN<br>Máximo: 54.71 kN<br>Calculado: 54.07 kN | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 64.32 kN<br>Calculado: 48.57 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 243.233 MPa  | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 125.71 kN<br>Calculado: 3.05 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 97.5767 MPa<br>Calculado: 111.888 MPa<br>Calculado: 164.514 MPa<br>Calculado: 162.862 MPa  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br>Calculado: 16412.1<br>Calculado: 14161.6<br>Calculado: 846.936<br>Calculado: 847.297                          | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 0 MPa  | Cumple                               |

|                                     |         |        |
|-------------------------------------|---------|--------|
| Referencia:                         |         |        |
| Comprobación                        | Valores | Estado |
| Se cumplen todas las comprobaciones |         |        |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas  |                        |           |                                  |           |           |                    |  |  |  |
|---|------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|--------------------|--|--|--|
| Ref.  | Tipo                   | a<br>(mm) | Preparación de<br>bordes<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |  |  |
| Rigidizador x-x (y = -113): Soldadura a la placa base               | En ángulo              | 4         | --                               | 350       | 5.0       | 90.00              |  |  |  |
| Rigidizador x-x (y = -113): Soldadura a la pieza                    | En ángulo              | 4         | --                               | 100       | 5.0       | 90.00              |  |  |  |
| Rigidizador x-x (y = -113): Soldadura del borde superior a la pieza | En ángulo              | 4         | --                               | 220       | 5.0       | 90.00              |  |  |  |
| Rigidizador x-x (y = 113): Soldadura a la placa base                | En ángulo              | 4         | --                               | 350       | 5.0       | 90.00              |  |  |  |
| Rigidizador x-x (y = 113): Soldadura a la pieza                     | En ángulo              | 4         | --                               | 100       | 5.0       | 90.00              |  |  |  |
| Rigidizador x-x (y = 113): Soldadura del borde superior a la pieza  | En ángulo              | 4         | --                               | 220       | 5.0       | 90.00              |  |  |  |
| Soldadura de los pernos a la placa base                             | De penetración parcial | --        | 7                                | 50        | 15.0      | 90.00              |  |  |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia   |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|---|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Rigidizador x-x (y = -113): Soldadura a la placa base               | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -113): Soldadura a la pieza                    | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = -113): Soldadura del borde superior a la pieza | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 113): Soldadura a la placa base                | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 113): Soldadura a la pieza                     | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Rigidizador x-x (y = 113): Soldadura del borde superior a la pieza  | La comprobación no procede.            |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura de los pernos a la placa base                             | 0.0                                    | 0.0                                    | 193.3                                   | 334.7                         | 86.74         | 0.0                                    | 0.00          | 410.0                                  | 0.85           |

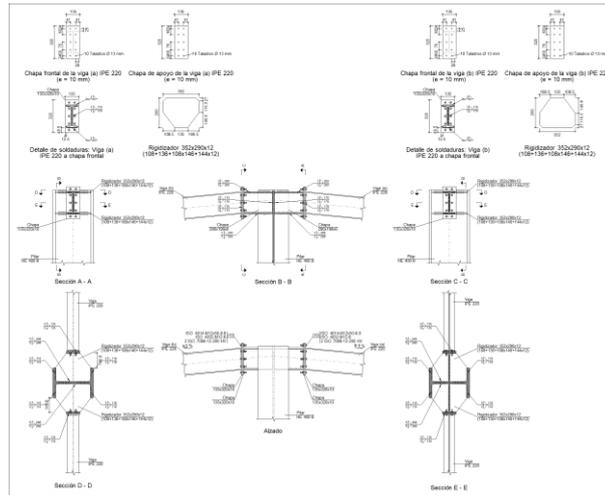
d) Medición

| Soldaduras              |                        |   |                             |                              |
|-------------------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller              | En ángulo                                       | 4                           | 1800                         |
|                         |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 7                           | 201                          |
|                         | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 7                           | 717                          |

| Placas de anclaje              |                        |          |                     |              |
|--------------------------------|------------------------|----------|---------------------|--------------|
| Material                       | Elementos              | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275                           | Placa base             | 1        | 350x350x15          | 14.42        |
|                                | Rigidizadores pasantes | 2        | 350/230x100/40x5    | 2.46         |
|                                | Total                  |          |                     | 16.89        |
| B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje      | 4        | Ø 16 - L = 451      | 2.85         |
|                                | Total                  |          |                     | 2.85         |

## 1.1.1.5.- Tipo 65

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |           | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 220     |           | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |           |            |            |              |          |               |      |             |             |
|--|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría |            |            |              |          | Taladros      |      | Acero       |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |           | 352        | 290        | 12           | -        | -             | S275 | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (a) IPE 220 |           | 135        | 320        | 10           | 10       | 13            | S275 | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (a) IPE 220 |           | 290        | 199.8      | 6            | -        | -             | S275 | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 220 |           | 135        | 320        | 10           | 10       | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 220 |           | 290        | 199.8      | 6            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 220            |           | 135        | 320        | 10           | 10       | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 220            |           | 135        | 320        | 10           | 10       | 13            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |           |          |               |       |             |             |
|---|-----------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4014-M12x50-8.8<br>ISO 4032-M12-8<br>2 ISO 7089-12-200 HV |           | M12      | 50            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|--|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |  |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 40.29      |  |
|                                   | Cortante                       | kN                | 7.95   | 411.08     | 1.93       |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 118.30 | 261.90     | 45.17      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 88.19  | 261.90     | 33.67      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 118.30 | 261.90     | 45.17      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 88.19  | 261.90     | 33.67      |  |
| Chapa frontal [Viga (a) IPE 220]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |  |
| Chapa vertical [Viga (a) IPE 220] | Cortante                       | kN                | 80.07  | 235.89     | 33.94      |  |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 220]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |  |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 220] | Cortante                       | kN                | 80.06  | 235.89     | 33.94      |  |

|                  |                |                      |                   |       |        |       |
|------------------|----------------|----------------------|-------------------|-------|--------|-------|
|                  | Ala            | Desgarro             | N/mm <sup>2</sup> | 20.31 | 261.90 | 7.75  |
|                  |                | Cortante             | N/mm <sup>2</sup> | 34.37 | 261.90 | 13.12 |
| Viga (a) IPE 220 | Rigidizadores  | Tracción             | kN                | 39.32 | 172.86 | 22.75 |
|                  | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN                | 53.82 | 75.37  | 71.41 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN                | 26.91 | 66.73  | 40.32 |
| Viga (b) IPE 220 | Rigidizadores  | Tracción             | kN                | 39.32 | 172.86 | 22.75 |
|                  | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN                | 53.82 | 75.37  | 71.41 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN                | 26.91 | 66.73  | 40.32 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 82.0                                 | 142.0                      | 36.79      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.2                                  | 5.6                        | 1.46       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 91.6                                | 91.6                                | 0.6                                  | 183.1                      | 47.46      | 91.6                                | 27.91      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 43.1                                 | 74.7                       | 19.35      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.2                                  | 5.6                        | 1.46       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 74.8                                | 74.8                                | 1.8                                  | 149.6                      | 38.78      | 74.8                                | 22.80      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 82.0                                 | 142.0                      | 36.79      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.2                                  | 5.6                        | 1.46       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 91.6                                | 91.6                                | 0.6                                  | 183.1                      | 47.46      | 91.6                                | 27.91      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 43.1                                 | 74.7                       | 19.35      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.2                                  | 5.6                        | 1.46       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 74.8                                | 74.8                                | 1.8                                  | 149.6                      | 38.78      | 74.8                                | 22.80      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.9                                 | 51.8                       | 13.42      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.9                                 | 51.8                       | 13.42      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 51.3                                 | 88.9                       | 23.04      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.3                                 | 50.8                       | 13.16      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.9                                 | 51.8                       | 13.42      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.9                                 | 51.8                       | 13.42      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 51.3                                 | 88.9                       | 23.04      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 29.3                                 | 50.8                       | 13.16      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 53.82  | 72.88      | 73.85      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 99.53  | 266.25     | 37.38      |
|                               | Tracción             | kN       | 38.80  | 132.52     | 29.28      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 38.20  | 110.87     | 34.45      |

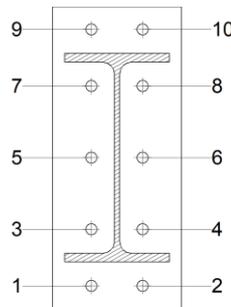
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3      | 178    | 5.9    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 79.7                                | 87.6                                | 2.3                                  | 171.4                      | 44.43      | 83.0                                | 25.32      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 70.7                                | 70.7                                | 28.5                                 | 149.7                      | 38.79      | 70.7                                | 21.55      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 72.4                                | 65.8                                | 2.1                                  | 135.1                      | 35.01      | 72.4                                | 22.07      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

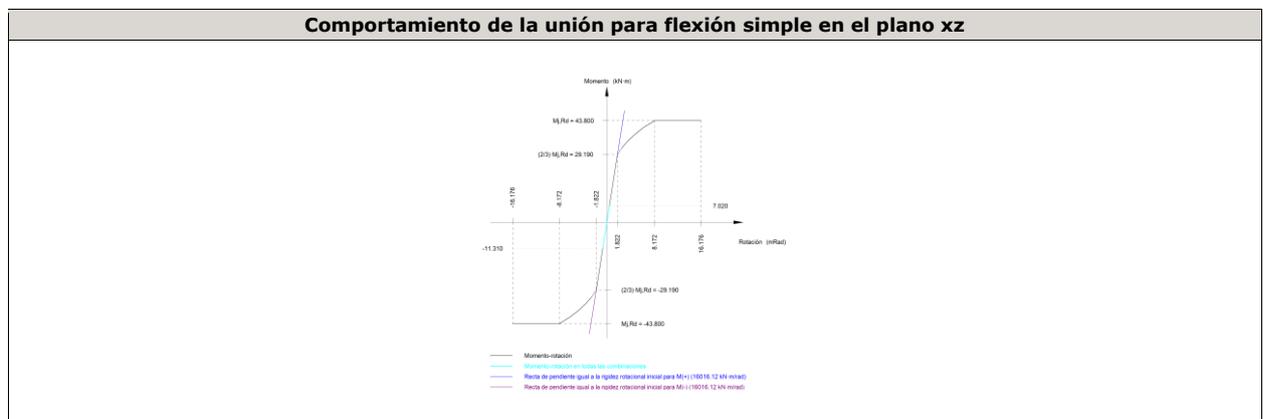


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 2           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 3           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 4           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 5           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 76                  | 54                  | 24.0   |
| 6           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 76                  | 54                  | 24.0   |
| 7           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 8           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 9           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |
| 10          | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 35.859      | 48.557          | 73.85      | 55.96                           | 73.85           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 60.903          | 5.01       | Punzonamiento | 35.859      | 117.563         | 30.50      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 32.971      | 48.557          | 67.90      | 51.71                           | 67.90           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 60.903          | 5.01       | Punzonamiento | 32.971      | 117.563         | 28.05      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 23.461      | 48.557          | 48.32      | 37.72                           | 48.32           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 98.400          | 3.10       | Punzonamiento | 23.461      | 117.563         | 19.96      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 21.293      | 48.557          | 43.85      | 34.53                           | 43.85           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 98.400          | 3.10       | Punzonamiento | 21.293      | 117.563         | 18.11      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.556       | 36.191          | 9.83       | Vástago       | 24.641      | 48.557          | 50.75      | 39.46                           | 50.75           |
|             | Aplastamiento       | 3.556       | 98.400          | 3.61       | Punzonamiento | 24.641      | 117.563         | 20.96      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.043       | 36.191          | 11.17      | Vástago       | 22.300      | 48.557          | 45.92      | 40.28                           | 45.92           |
|             | Aplastamiento       | 4.043       | 98.400          | 4.11       | Punzonamiento | 22.300      | 117.563         | 18.97      |                                 |                 |
| 7           | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 17.407      | 48.557          | 35.85      | 31.54                           | 35.85           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 17.407      | 117.563         | 14.81      |                                 |                 |
| 8           | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 20.090      | 48.557          | 41.37      | 37.08                           | 41.37           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 20.090      | 117.563         | 17.09      |                                 |                 |
| 9           | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 25.106      | 48.557          | 51.71      | 44.49                           | 51.71           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 25.106      | 117.563         | 21.36      |                                 |                 |
| 10          | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 30.450      | 48.557          | 62.71      | 52.31                           | 62.71           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 30.450      | 117.563         | 25.90      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 2208.94             | 16016.12            |
| Calculada para momentos negativos | 2208.94             | 16016.12            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.69   | 1.80       | 94.14      |
| Momento resistente         | kNm      | 11.31  | 43.80      | 25.82      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 43.644 | 667        | 6.55       |

3) Viga (b) IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 53.82  | 72.88      | 73.85      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 99.53  | 266.25     | 37.38      |

|      |          |    |       |        |       |
|------|----------|----|-------|--------|-------|
|      | Tracción | kN | 38.80 | 132.52 | 29.28 |
| Alma | Tracción | kN | 38.20 | 110.87 | 34.45 |

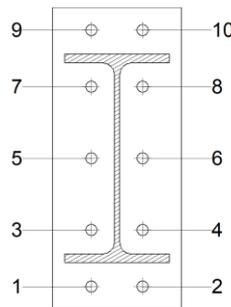
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3      | 178    | 5.9    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 79.7                                | 87.6                                | 2.3                                  | 171.4                      | 44.43      | 83.0                                | 25.32      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 70.7                                | 70.7                                | 28.5                                 | 149.7                      | 38.79      | 70.7                                | 21.55      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 72.4                                | 65.8                                | 2.1                                  | 135.1                      | 35.01      | 72.4                                | 22.07      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



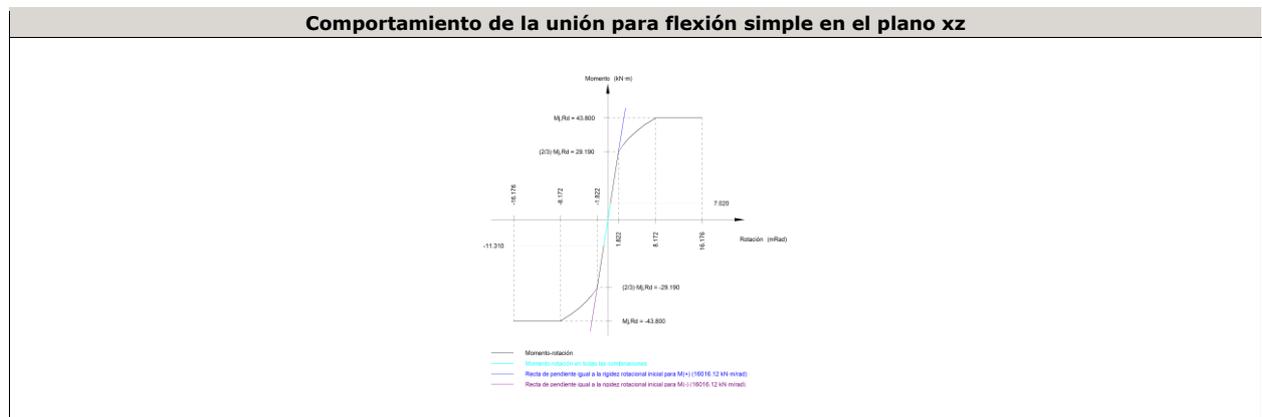
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 2           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 3           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 76                  | 54                  | 24.0   |  |
| 6           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 76                  | 54                  | 24.0   |  |
| 7           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 8           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | --                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 9           | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |
| 10          | ISO 4014-M12x50-8.8 | 13.0                | 24                  | 41                  | 60                  | 54                  | 24.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |  |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |  |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 32.971      | 48.557          | 67.90      | 51.71                                      | 67.90           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 60.903          | 5.01       | Punzonamiento | 32.971      | 117.563         | 28.05      |  |                 |
| 2           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 35.858      | 48.557          | 73.85      | 55.96                                      | 73.85           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 60.903          | 5.01       | Punzonamiento | 35.858      | 117.563         | 30.50      |  |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 21.293      | 48.557          | 43.85      | 34.53                           | 43.85           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 98.400          | 3.10       | Punzonamiento | 21.293      | 117.563         | 18.11      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.049       | 36.191          | 8.43       | Vástago       | 23.461      | 48.557          | 48.32      | 37.72                           | 48.32           |
|             | Aplastamiento       | 3.049       | 98.400          | 3.10       | Punzonamiento | 23.461      | 117.563         | 19.96      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.043       | 36.191          | 11.17      | Vástago       | 22.299      | 48.557          | 45.92      | 40.28                           | 45.92           |
|             | Aplastamiento       | 4.043       | 98.400          | 4.11       | Punzonamiento | 22.299      | 117.563         | 18.97      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.556       | 36.191          | 9.83       | Vástago       | 24.640      | 48.557          | 50.75      | 39.46                           | 50.75           |
|             | Aplastamiento       | 3.556       | 98.400          | 3.61       | Punzonamiento | 24.640      | 117.563         | 20.96      |                                 |                 |
| 7           | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 20.089      | 48.557          | 41.37      | 37.07                           | 41.37           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 20.089      | 117.563         | 17.09      |                                 |                 |
| 8           | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 17.407      | 48.557          | 35.85      | 31.54                           | 35.85           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 17.407      | 117.563         | 14.81      |                                 |                 |
| 9           | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 30.448      | 48.557          | 62.71      | 52.31                           | 62.71           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 30.448      | 117.563         | 25.90      |                                 |                 |
| 10          | Sección transversal | 5.340       | 36.191          | 14.75      | Vástago       | 25.106      | 48.557          | 51.70      | 44.49                           | 51.70           |
|             | Aplastamiento       | 5.340       | 98.400          | 5.43       | Punzonamiento | 25.106      | 117.563         | 21.35      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 2208.94             | 16016.12            |
| Calculada para momentos negativos | 2208.94             | 16016.12            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.69   | 1.80       | 94.14      |
| Momento resistente         | kNm      | 11.31  | 43.80      | 25.82      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 43.644 | 667        | 6.55       |

d) Medición

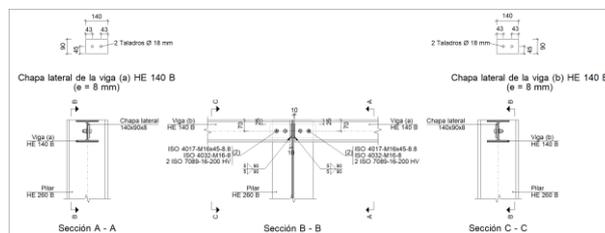
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 3                        | 4152                      |
|                      |           |           | 5                        | 6158                      |

| Chapas   |               |          |  |           |
|----------|---------------|----------|--|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm)                       | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 352x290x12<br>(108+136+108x146+144x12) | 32.46     |
|          | Chapas        | 2        | 290x199x6                              | 5.46      |
|          |               | 4        | 135x320x10                             | 13.56     |
|          | Total         |          |  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 20       | ISO 4014-M12x50 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 20       | ISO 4032-M12    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 40       | ISO 7089-12     |

1.1.1.6.- Tipo 66

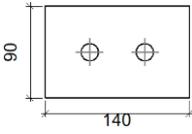
a) Detalle

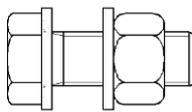


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 260 B    |         | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | HE 140 B    |         | 140              | 140                | 12                   | 7                     | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios        |         |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|----------------------------------|---------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                            | Esquema | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|                                  |         | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Chapa lateral: Viga (a) HE 140 B |         | 140        | 90         | 8            | 2        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios        |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|----------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                            | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                                  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa lateral: Viga (b) HE 140 B |  | 140        | 90         | 8            | 2        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x45-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 45            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

| Comprobaciones de resistencia |            |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
|                               | Componente | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Viga (a) HE 140 B             | Alma       | Punzonamiento                    | kN       | 58.94  | 385.73     | 15.28      |
|                               |            | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 62.05  | 83.93      | 73.93      |
| Viga (b) HE 140 B             | Alma       | Punzonamiento                    | kN       | 58.94  | 385.73     | 15.28      |
|                               |            | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 62.05  | 83.93      | 73.93      |

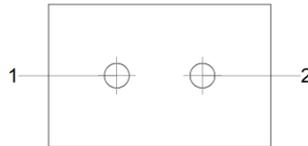
2) Viga (a) HE 140 B

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.37       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 33.23      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 82.15  | 230.97     | 35.57      |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 29.50  | 78.74      | 37.47      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 58.96  | 87.10      | 67.69      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 29.51  | 56.17      | 52.54      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 58.94  | 162.91     | 36.18      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |            |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|------------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |                            |           |            |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | En ángulo                             | 5                                   | 90                               | 8.0                        | 90.00           |                                       |                            |           |            |
| <small>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</small> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |            |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |            |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            | Tensión normal  |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |            |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           | Aprov. (%) |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral.   | 46.3                                  | 46.3                                | 0.9                              | 92.7                       | 24.01           | 46.3                                  | 14.12                      | 410.0     | 0.85       |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 45                  | 33                  | --                  | 54                  | 43.0   |
| 2           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                | 45                  | 43                  | --                  | 54                  | 43.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 29.511      | 50.240          | 58.74      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 58.74                           | 58.74           |
|             | Aplastamiento       | 29.511      | 78.738          | 37.48      | Punzonamiento | 0.000       | 109.819         | 0.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 29.483      | 50.240          | 58.68      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 58.68                           | 58.68           |
|             | Aplastamiento       | 28.018      | 78.723          | 35.59      | Punzonamiento | 0.000       | 109.819         | 0.00       |                                 |                 |

3) Viga (b) HE 140 B

| Comprobaciones de resistencia |                                |                   |        |            |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa lateral                 | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.37       |
|                               | Tensiones combinadas           | --                | --     | --         | 33.23      |
|                               | Pandeo local                   | N/mm <sup>2</sup> | 79.12  | 230.97     | 34.26      |
|                               | Aplastamiento                  | kN                | 29.50  | 78.74      | 37.47      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 58.96  | 87.10      | 67.69      |
| Alma                          | Aplastamiento                  | kN                | 29.51  | 56.17      | 52.54      |
|                               | Desgarro                       | kN                | 58.94  | 162.91     | 36.18      |

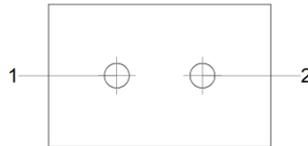
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                   |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | En ángulo | 5      | 90     | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                  |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Detalle de la soldadura de la chapa lateral. | 46.3                                | 46.3                                | 0.9                                  | 92.7                       | 24.01      | 46.3                                | 14.12      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                   | 45                     | 33                     | --                     | 54                     | 43.0      |
| 2           | ISO 4017-M16x45-8.8 | 18.0                   | 45                     | 43                     | --                     | 54                     | 43.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 29.511      | 50.240          | 58.74      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 58.74                           | 58.74           |
|             | Aplastamiento       | 29.511      | 78.738          | 37.48      | Punzonamiento | 0.000       | 109.819         | 0.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 29.483      | 50.240          | 58.68      | Vástago       | 0.000       | 90.432          | 0.00       | 58.68                           | 58.68           |
|             | Aplastamiento       | 29.483      | 83.581          | 35.27      | Punzonamiento | 0.000       | 109.819         | 0.00       |                                 |                 |

d) Medición

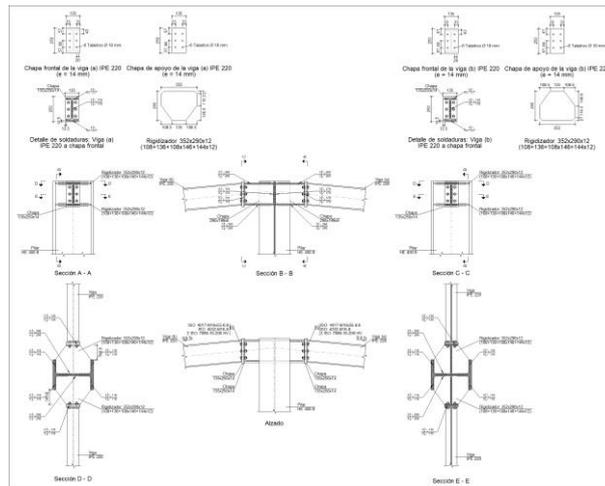
| Soldaduras              |           |           |                             |                              |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller | En ángulo | 5                           | 360                          |

| Chapas   |        |          |                     |              |
|----------|--------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Chapas | 2        | 140x90x8            | 1.58         |
|          |        |          |                     | Total        |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 4        | ISO 4017-M16x45 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 4        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 8        | ISO 7089-16     |

1.1.1.7.- Tipo 67

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 400 B    |         | 400              | 300                | 24                   | 13.5                  | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 220     |         | 220              | 110                | 9.2                  | 5.9                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |           | 352        | 290        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (a) IPE 220 |           | 135        | 250        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (a) IPE 220 |           | 290        | 199.8      | 6            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 220 |           | 135        | 250        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 220 |           | 290        | 199.8      | 6            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 220            |           | 135        | 250        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 220            |           | 135        | 250        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |           |          |               |       |             |             |
|---|-----------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |           | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 400 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 40.29      |
|                                   | Cortante                       | kN                | 7.85   | 411.08     | 1.91       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 103.11 | 261.90     | 39.37      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 128.73 | 261.90     | 49.15      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 103.11 | 261.90     | 39.37      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 128.73 | 261.90     | 49.15      |
| Chapa frontal [Viga (a) IPE 220]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (a) IPE 220] | Cortante                       | kN                | 145.19 | 235.89     | 61.55      |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 220]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 220] | Cortante                       | kN                | 145.19 | 235.89     | 61.55      |

|                  |                |                      |                   |        |        |       |
|------------------|----------------|----------------------|-------------------|--------|--------|-------|
|                  | Ala            | Desgarro             | N/mm <sup>2</sup> | 22.22  | 261.90 | 8.48  |
|                  |                | Cortante             | N/mm <sup>2</sup> | 29.97  | 261.90 | 11.44 |
| Viga (a) IPE 220 | Rigidizadores  | Tracción             | kN                | 38.03  | 172.86 | 22.00 |
|                  | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN                | 143.08 | 169.23 | 84.55 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN                | 94.47  | 106.66 | 88.57 |
| Viga (b) IPE 220 | Rigidizadores  | Tracción             | kN                | 38.03  | 172.86 | 22.00 |
|                  | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN                | 143.08 | 169.23 | 84.55 |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN                | 94.47  | 106.66 | 88.57 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 5      | 116    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 5      | 298    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 5      | 135    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 3      | 170    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 3      | 260    | 6.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 71.4                                 | 123.7                      | 32.07      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.0                                  | 5.2                        | 1.35       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 78.6                                | 78.6                                | 0.5                                  | 157.3                      | 40.76      | 78.7                                | 23.98      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 61.4                                 | 106.3                      | 27.55      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.0                                  | 5.2                        | 1.35       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 109.1                               | 109.1                               | 3.7                                  | 218.4                      | 56.59      | 109.1                               | 33.27      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 71.4                                 | 123.7                      | 32.07      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.0                                  | 5.2                        | 1.35       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 78.6                                | 78.6                                | 0.5                                  | 157.3                      | 40.76      | 78.7                                | 23.98      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 0.0                                 | 0.0                                 | 61.4                                 | 106.3                      | 27.55      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.0                                  | 5.2                        | 1.35       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 109.1                               | 109.1                               | 3.7                                  | 218.4                      | 56.59      | 109.1                               | 33.27      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 26.5                                 | 45.9                       | 11.90      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 26.5                                 | 45.9                       | 11.90      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 85.6                                 | 148.3                      | 38.44      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 93.1                                 | 161.2                      | 41.77      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 26.5                                 | 45.9                       | 11.90      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 26.5                                 | 45.9                       | 11.90      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 85.6                                 | 148.3                      | 38.44      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 93.1                                 | 161.2                      | 41.77      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (a) IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 143.08 | 167.39     | 85.48      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 85.52  | 266.25     | 32.12      |
|                               | Tracción             | kN       | 36.12  | 132.52     | 27.26      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 94.47  | 104.89     | 90.07      |

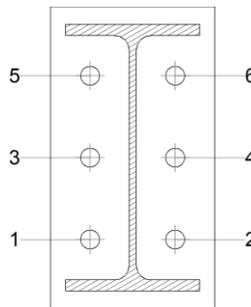
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3      | 178    | 5.9    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 82.9                                | 75.4                                | 9.1                                  | 155.5                      | 40.31      | 82.9                                | 25.29      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 183.1                               | 183.1                               | 16.3                                 | 367.2                      | 95.17      | 183.1                               | 55.82      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 144.2                               | 158.6                               | 4.2                                  | 310.3                      | 80.42      | 144.2                               | 43.97      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

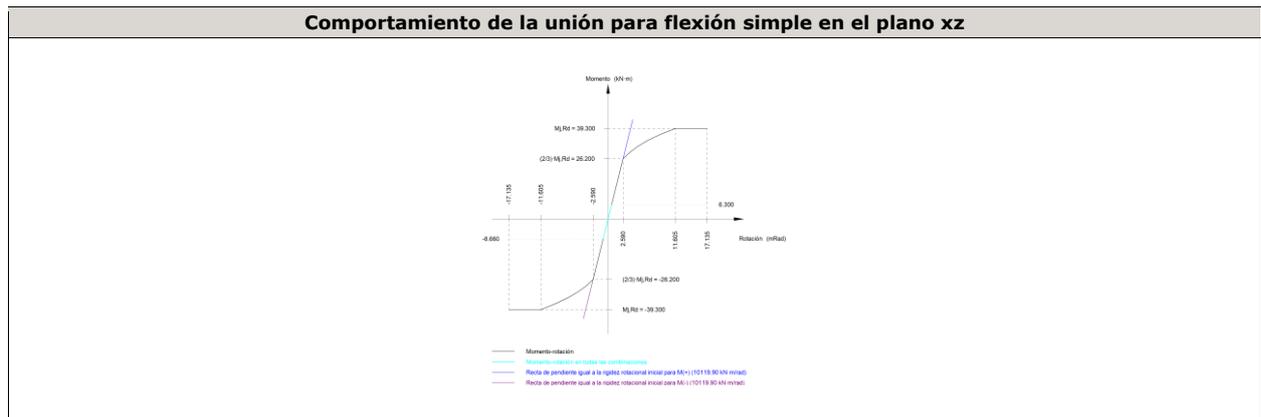


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 75.089      | 90.432          | 83.03      | 65.67                           | 83.03           |
|             | Aplastamiento       | 4.305       | 136.267         | 3.16       | Punzonamiento | 75.089      | 219.639         | 34.19      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 77.300      | 90.432          | 85.48      | 67.42                           | 85.48           |
|             | Aplastamiento       | 4.505       | 183.290         | 2.46       | Punzonamiento | 77.300      | 219.639         | 35.19      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 65.655      | 90.432          | 72.60      | 58.22                           | 72.60           |
|             | Aplastamiento       | 4.304       | 136.273         | 3.16       | Punzonamiento | 65.655      | 219.639         | 29.89      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 68.627      | 90.432          | 75.89      | 60.57                           | 75.89           |
|             | Aplastamiento       | 4.505       | 183.290         | 2.46       | Punzonamiento | 68.627      | 219.639         | 31.25      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 40.425      | 90.432          | 44.70      | 40.34                           | 44.70           |
|             | Aplastamiento       | 4.304       | 136.279         | 3.16       | Punzonamiento | 40.425      | 219.639         | 18.41      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 37.373      | 90.432          | 41.33      | 38.03                           | 41.33           |
|             | Aplastamiento       | 4.505       | 183.290         | 2.46       | Punzonamiento | 37.373      | 219.639         | 17.02      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 1871.93             | 10119.90            |
| Calculada para momentos negativos | 1871.93             | 10119.90            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.68   | 1.80       | 93.47      |
| Momento resistente         | kNm      | 8.66   | 39.30      | 22.04      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 49.937 | 667        | 7.49       |

3) Viga (b) IPE 220

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 143.08 | 167.39     | 85.48      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 85.52  | 266.25     | 32.12      |
|                               | Tracción             | kN       | 36.12  | 132.52     | 27.26      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 94.47  | 104.89     | 90.07      |

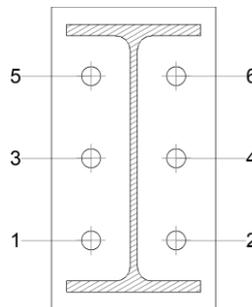
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 3      | 178    | 5.9    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 5      | 110    | 9.2    | 84.56           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 82.9                                | 75.4                                | 9.1                                  | 155.5                      | 40.30      | 82.9                                | 25.28      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 183.1                               | 183.1                               | 16.3                                 | 367.2                      | 95.17      | 183.1                               | 55.82      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 144.2                               | 158.6                               | 4.2                                  | 310.3                      | 80.42      | 144.2                               | 43.97      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

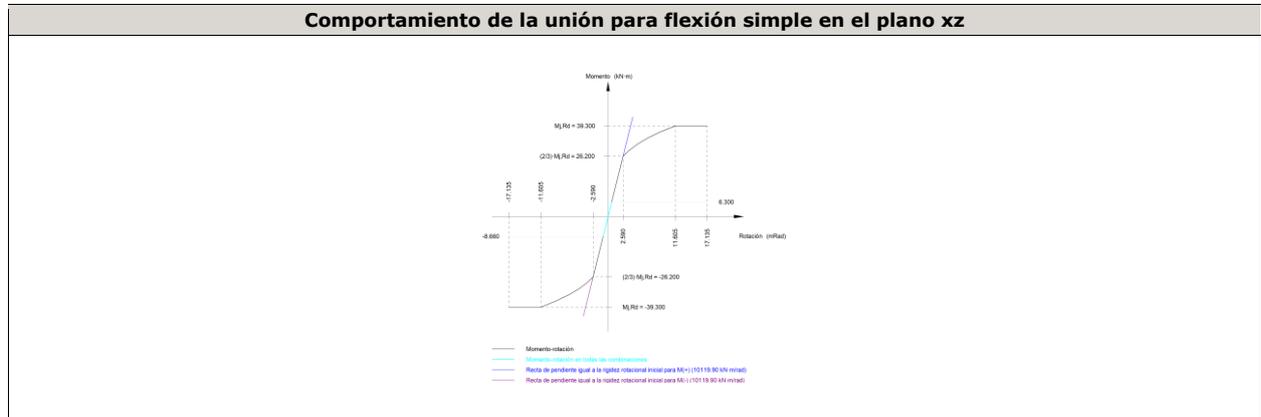


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 33                  | 68                  | 70                  | 32.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 77.300      | 90.432          | 85.48      | 67.42                           | 85.48           |
|             | Aplastamiento       | 4.505       | 183.290         | 2.46       | Punzonamiento | 77.300      | 219.639         | 35.19      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 75.089      | 90.432          | 83.03      | 65.67                           | 83.03           |
|             | Aplastamiento       | 4.305       | 136.257         | 3.16       | Punzonamiento | 75.089      | 219.639         | 34.19      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 68.627      | 90.432          | 75.89      | 60.57                           | 75.89           |
|             | Aplastamiento       | 4.505       | 183.290         | 2.46       | Punzonamiento | 68.627      | 219.639         | 31.25      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 65.655      | 90.432          | 72.60      | 58.22                           | 72.60           |
|             | Aplastamiento       | 4.305       | 136.263         | 3.16       | Punzonamiento | 65.655      | 219.639         | 29.89      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 37.371      | 90.432          | 41.33      | 38.03                           | 41.33           |
|             | Aplastamiento       | 4.505       | 183.290         | 2.46       | Punzonamiento | 37.371      | 219.639         | 17.01      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 4.505       | 50.240          | 8.97       | Vástago       | 40.422      | 90.432          | 44.70      | 40.34                           | 44.70           |
|             | Aplastamiento       | 4.304       | 136.269         | 3.16       | Punzonamiento | 40.422      | 219.639         | 18.40      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 1871.93                | 10119.90               |
| Calculada para momentos negativos | 1871.93                | 10119.90               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.68   | 1.80       | 93.47      |
| Momento resistente         | kNm      | 8.66   | 39.30      | 22.04      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 49.937 | 667        | 7.49       |

d) Medición

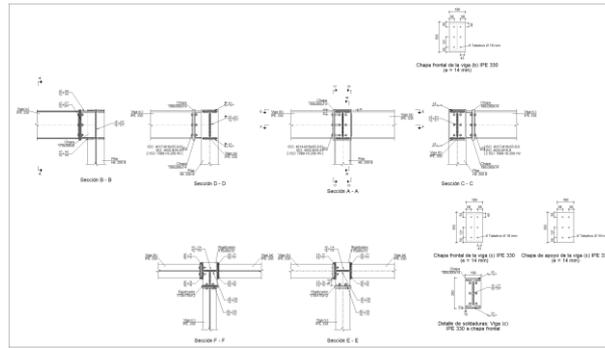
| Soldaduras              |           |           |                             |                              |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller | En ángulo | 3                           | 4152                         |
|                         |           |           | 5                           | 6158                         |

| Chapas   |               |          |  |              |
|----------|---------------|----------|--|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm)                    | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 352x290x12<br>(108+136+108x146+144x12) | 32.46        |
|          | Chapas        | 2        | 290x199x6                              | 5.46         |
|          |               | 4        | 135x250x14                             | 14.84        |
|          | Total         |          |  |              |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

**1.1.1.8.- Tipo 70**

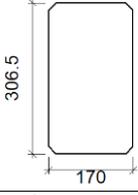
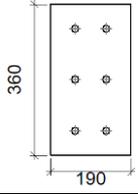
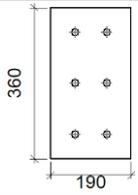
a) Detalle

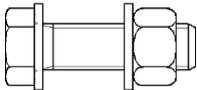
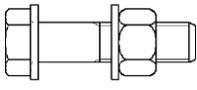


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |         | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |         | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |         | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |         |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Esquema | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  |         | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |         | 170        | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |         | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |         | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 170        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|--|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |  |
| Panel                             | Esbitez                        | --                | --     | --         | 29.19      |  |
|                                   | Cortante                       | kN                | 255.89 | 404.80     | 63.21      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 87.97  | 261.90     | 33.59      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 81.47  | 261.90     | 31.11      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 70.71  | 261.90     | 27.00      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 78.81  | 261.90     | 30.09      |  |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |  |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 22.24  | 169.36     | 13.13      |  |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 47.41  | 261.90     | 18.10      |  |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 44.19  | 261.90     | 16.87      |  |
| Ala                               | Tracción por flexión           | kN                | 63.67  | 180.86     | 35.20      |  |

|                  |                |                      |    |       |        |       |
|------------------|----------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Viga (b) IPE 330 |                | Tracción             | kN | 13.51 | 255.10 | 5.30  |
|                  | Alma           | Tracción             | kN | 59.86 | 151.88 | 39.42 |
|                  | Rigidizadores  | Tracción             | kN | 3.99  | 251.43 | 1.59  |
| Viga (c) IPE 330 | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN | 12.63 | 149.05 | 8.48  |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN | 12.63 | 206.67 | 6.11  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 62.2                                | 62.2                                | 1.2                                  | 124.4                      | 32.24      | 62.2                                | 18.96      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 57.2                                 | 99.0                       | 25.66      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 57.6                                | 57.6                                | 1.9                                  | 115.2                      | 29.85      | 57.6                                | 17.55      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 55.4                                 | 96.0                       | 24.87      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 48.1                                | 48.1                                | 11.2                                 | 98.1                       | 25.42      | 48.1                                | 14.66      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 51.9                                 | 89.8                       | 23.28      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 6.5                                 | 6.5                                 | 0.0                                  | 13.0                       | 3.36       | 6.5                                 | 1.98       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 52.4                                | 52.4                                | 15.5                                 | 108.2                      | 28.03      | 52.4                                | 15.98      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 60.6                                 | 105.0                      | 27.20      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 5.4                                 | 5.4                                 | 0.0                                  | 10.8                       | 2.80       | 5.4                                 | 1.64       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 8.9                                  | 15.4                       | 3.98       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 8.9                                  | 15.4                       | 3.98       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 19.9                                 | 34.4                       | 8.91       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.5                                 | 18.2                       | 4.72       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 59.86  | 147.35     | 40.63      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 64.35  | 202.36     | 31.80      |
|                               | Tracción             | kN       | 17.00  | 240.95     | 7.06       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 59.86  | 200.78     | 29.82      |

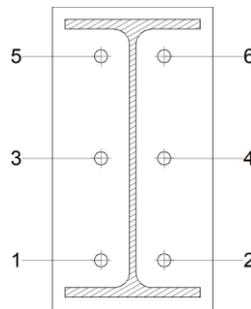
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 68.9                                | 68.9                                | 2.6                                  | 137.9                      | 35.73      | 68.9                                | 21.01      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 46.4                                | 46.4                                | 16.6                                 | 97.2                       | 25.19      | 46.4                                | 14.16      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 62.4                                | 62.4                                | 2.5                                  | 124.8                      | 32.34      | 62.4                                | 19.01      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

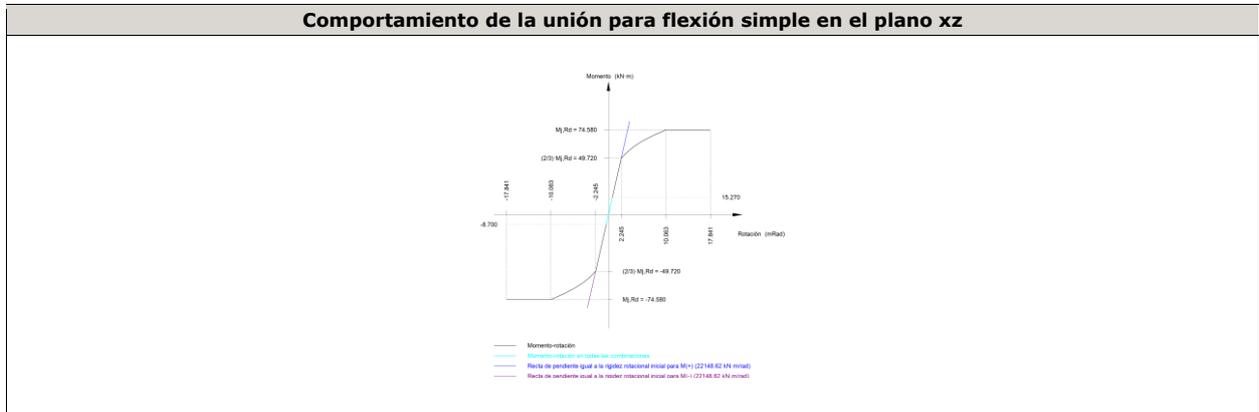


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 9.594       | 64.340          | 14.91      | Vástago       | 32.007      | 90.432          | 35.39      | 29.83                           | 35.39           |
|             | Aplastamiento       | 9.594       | 183.680         | 5.22       | Punzonamiento | 32.007      | 219.639         | 14.57      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.988       | 64.340          | 9.31       | Vástago       | 26.925      | 90.432          | 29.77      | 23.87                           | 29.77           |
|             | Aplastamiento       | 5.988       | 183.680         | 3.26       | Punzonamiento | 26.925      | 219.639         | 12.26      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.992       | 64.340          | 9.31       | Vástago       | 36.738      | 90.432          | 40.63      | 33.61                           | 40.63           |
|             | Aplastamiento       | 5.992       | 183.680         | 3.26       | Punzonamiento | 36.738      | 219.639         | 16.73      |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.988       | 64.340          | 9.31       | Vástago       | 30.402      | 90.432          | 33.62      | 26.51                           | 33.62           |
|             | Aplastamiento       | 5.988       | 183.680         | 3.26       | Punzonamiento | 30.402      | 219.639         | 13.84      |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 8.867       | 64.340          | 13.78      | Vástago       | 31.834      | 90.432          | 35.20      | 34.46                           | 35.20           |
|             | Aplastamiento       | 8.867       | 183.680         | 4.83       | Punzonamiento | 31.834      | 219.639         | 14.49      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.987       | 64.340          | 9.31       | Vástago       | 30.827      | 90.432          | 34.09      | 33.65                           | 34.09           |
|             | Aplastamiento       | 5.987       | 183.680         | 3.26       | Punzonamiento | 30.827      | 219.639         | 14.04      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11153.24            | 22148.62            |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24            | 22148.62            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 15.27  | 74.58      | 20.47      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 38.641 | 667        | 5.80       |

3) Viga (a) IPE 330

**Cordones de soldadura**

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 77.5                                | 77.5                                | 0.6                                  | 155.1                      | 40.18      | 77.5                                | 23.63      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 52.4                                | 52.4                                | 16.7                                 | 108.7                      | 28.16      | 52.4                                | 15.97      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 81.6                                | 81.6                                | 1.8                                  | 163.2                      | 42.30      | 81.6                                | 24.88      | 410.0                               | 0.85           |

4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 12.63  | 148.16     | 8.53       |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 13.13  | 183.45     | 7.16       |
|                               | Tracción             | kN       | 3.99   | 240.95     | 1.66       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 12.63  | 197.38     | 6.40       |

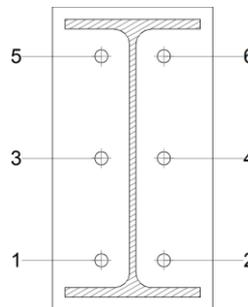
**Cordones de soldadura**

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 15.1                                | 15.1                                | 0.1                                  | 30.1                       | 7.80       | 15.1                                | 4.59       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 11.2                                | 11.2                                | 3.4                                  | 23.1                       | 5.99       | 11.2                                | 3.41       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 14.1                                | 14.1                                | 0.2                                  | 28.1                       | 7.29       | 14.1                                | 4.29       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

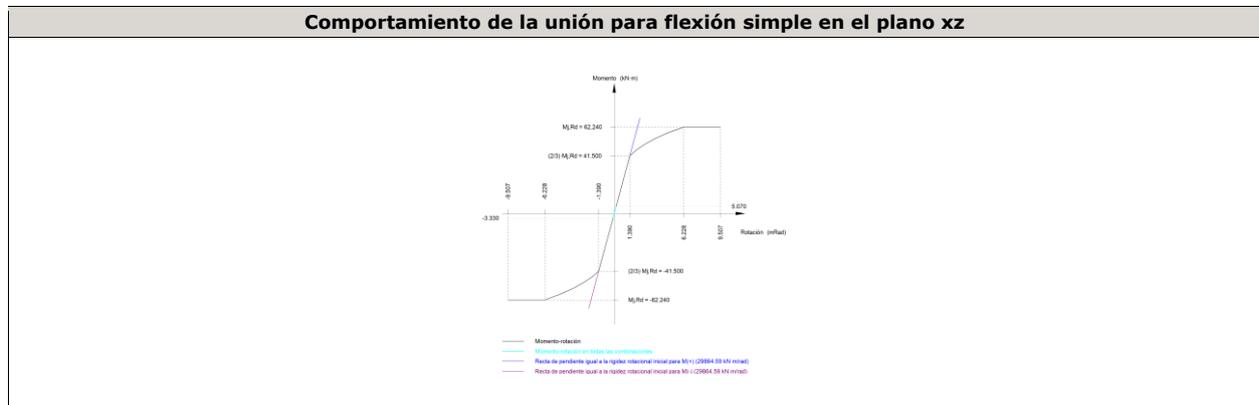


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 3.270       | 50.240          | 6.51       | Vástago       | 6.462       | 90.432          | 7.15       | 7.09                            | 7.15            |
|             | Aplastamiento       | 3.270       | 183.680         | 1.78       | Punzonamiento | 6.462       | 219.639         | 2.94       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 19.611      | 50.240          | 39.03      | Vástago       | 3.003       | 90.432          | 3.32       | 39.03                           | 39.03           |
|             | Aplastamiento       | 19.611      | 183.680         | 10.68      | Punzonamiento | 3.003       | 219.639         | 1.37       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.270       | 50.240          | 6.51       | Vástago       | 7.711       | 90.432          | 8.53       | 8.89                            | 8.89            |
|             | Aplastamiento       | 3.270       | 183.680         | 1.78       | Punzonamiento | 7.711       | 219.639         | 3.51       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.260       | 50.240          | 6.49       | Vástago       | 4.828       | 90.432          | 5.34       | 8.63                            | 8.63            |
|             | Aplastamiento       | 3.260       | 183.680         | 1.78       | Punzonamiento | 4.828       | 219.639         | 2.20       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 3.270       | 50.240          | 6.51       | Vástago       | 7.567       | 90.432          | 8.37       | 10.16                           | 10.16           |
|             | Aplastamiento       | 3.270       | 183.680         | 1.78       | Punzonamiento | 7.567       | 219.639         | 3.45       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.696       | 50.240          | 11.34      | Vástago       | 7.423       | 90.432          | 8.21       | 11.34                           | 11.34           |
|             | Aplastamiento       | 5.696       | 183.680         | 3.10       | Punzonamiento | 7.423       | 219.639         | 3.38       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11441.23               | 29864.59               |
| Calculada para momentos negativos | 11441.23               | 29864.59               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 5.07   | 62.24      | 8.14       |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 17.791 | 667        | 2.67       |

d) Medición

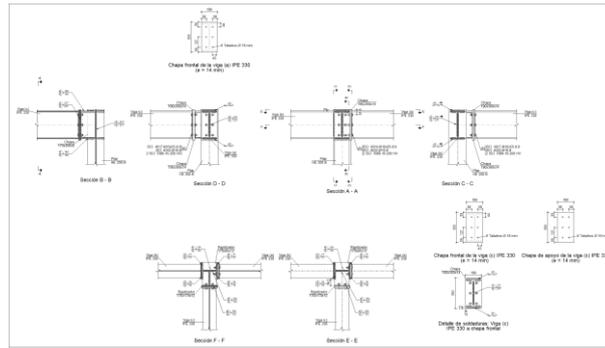
| Soldaduras     |                        |           |                             |                              |
|----------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller              | En ángulo | 4                           | 3822                         |
|                |                        |           | 6                           | 3194                         |
|                | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 542                          |
|                |                        |           | 6                           | 599                          |

| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x95x12           | 3.04         |
|          |               | 2        | 170x170x12          | 5.44         |
|          | Chapas        | 1        | 170x306x8           | 3.27         |
|          |               | 3        | 190x360x14          | 22.55        |
|          | Total         |          |                     |              |

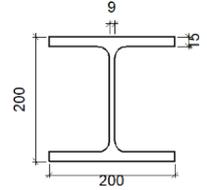
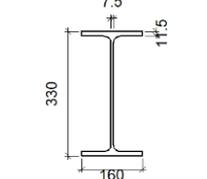
| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

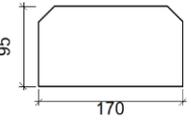
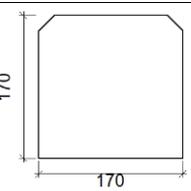
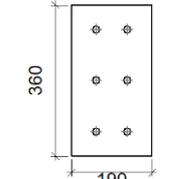
**1.1.1.9.- Tipo 71**

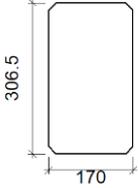
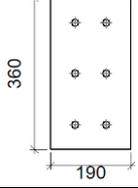
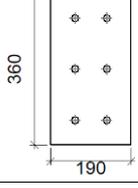
a) Detalle

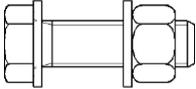
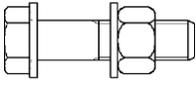


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |  |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|--|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema  | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |  | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |   | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |  | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios             |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                 | Esquema   | Geometría  |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                                       |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                           |  | 170        | 95         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                           |  | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga (c) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |                      |                      |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |                      |                      |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |  | 170        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |                      |                      |
|---|---|----------|---------------|-------|----------------------|----------------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |                      |                      |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0                | 800.0                |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|--|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |  |
| Panel                             | Esbeltz                        | --                | --     | --         | 29.19      |  |
|                                   | Cortante                       | kN                | 224.97 | 404.80     | 55.58      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 68.69  | 261.90     | 26.23      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 78.32  | 261.90     | 29.90      |  |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 63.52  | 261.90     | 24.25      |  |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 57.61  | 261.90     | 22.00      |  |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |  |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |  |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 27.56  | 169.36     | 16.27      |  |
| Ala                               | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 79.30  | 261.90     | 30.28      |  |
|                                   | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 55.22  | 261.90     | 21.08      |  |
| Ala                               | Tracción por flexión           | kN                | 45.42  | 180.86     | 25.11      |  |

|                  |                |                      |    |       |        |       |
|------------------|----------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Viga (a) IPE 330 |                | Tracción             | kN | 9.62  | 255.10 | 3.77  |
|                  | Alma           | Tracción             | kN | 44.06 | 151.88 | 29.01 |
| Viga (c) IPE 330 | Rigidizadores  | Tracción             | kN | 4.61  | 251.43 | 1.83  |
|                  | Chapa de apoyo | Tracción por flexión | kN | 17.40 | 180.86 | 9.62  |
|                  | Chapa vertical | Tracción             | kN | 14.24 | 206.67 | 6.89  |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 48.5                                | 48.5                                | 1.5                                  | 97.1                       | 25.17      | 48.5                                | 14.80      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 51.2                                 | 88.8                       | 23.00      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 55.4                                | 55.4                                | 1.3                                  | 110.7                      | 28.70      | 55.4                                | 16.88      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 42.9                                 | 74.3                       | 19.27      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 41.2                                | 41.2                                | 14.6                                 | 86.2                       | 22.34      | 41.2                                | 12.56      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 44.7                                 | 77.4                       | 20.06      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 7.4                                 | 7.4                                 | 0.0                                  | 14.8                       | 3.82       | 7.4                                 | 2.25       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 35.4                                | 35.4                                | 16.5                                 | 76.3                       | 19.78      | 35.4                                | 10.79      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 48.1                                 | 83.3                       | 21.59      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 6.8                                 | 6.8                                 | 0.1                                  | 13.6                       | 3.51       | 6.8                                 | 2.07       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.0                                  | 15.6                       | 4.05       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.0                                  | 15.6                       | 4.05       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 24.6                                 | 42.6                       | 11.04      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 10.7                                 | 18.5                       | 4.80       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (b) IPE 330

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 58.0                                     | 58.0                                   | 0.3  | 116.0                         | 30.06         | 58.0                                     | 17.68         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 42.1                                     | 42.1                                   | 12.9                                       | 87.2                          | 22.60         | 42.1                                     | 12.85         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 75.2                                     | 75.2                                   | 1.7  | 150.4                         | 38.98         | 75.2                                     | 22.92         | 410.0                         | 0.85      |

3) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 44.06  | 147.35     | 29.90      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 50.18  | 197.46     | 25.41      |
|                               | Tracción             | kN       | 12.13  | 240.95     | 5.03       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 44.06  | 200.78     | 21.95      |

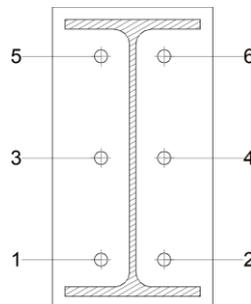
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 55.0                                     | 55.0                                   | 2.1  | 110.1                         | 28.53         | 55.0                                     | 16.77         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 33.1                                     | 33.1                                   | 14.3                                       | 70.7                          | 18.33         | 33.3                                     | 10.16         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 50.5                                     | 50.5                                   | 2.1  | 101.1                         | 26.21         | 50.5                                     | 15.41         | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos



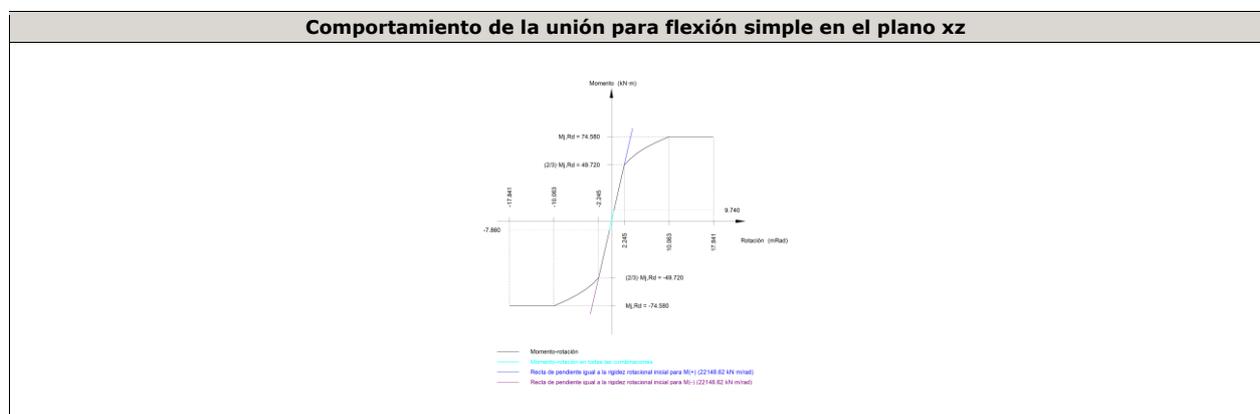
| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |  |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 75            | 32.3        |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 75            | 32.3        |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 75            | 33.0        |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 75            | 33.0        |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 58            | 121           | 75            | 32.3        |  |

| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.167       | 64.340          | 8.03       | Vástago       | 22.969      | 90.432          | 25.40      | 20.79   | 25.40           |
|             | Aplastamiento       | 5.167       | 183.680         | 2.81       | Punzonamiento | 22.969      | 219.639         | 10.46      |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.173       | 64.340          | 8.04       | Vástago       | 23.705      | 90.432          | 26.21      | 21.54   | 26.21           |
|             | Aplastamiento       | 5.173       | 183.680         | 2.82       | Punzonamiento | 23.705      | 219.639         | 10.79      |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.167       | 64.340          | 8.03       | Vástago       | 26.097      | 90.432          | 28.86      | 23.15   | 28.86           |
|             | Aplastamiento       | 5.167       | 183.680         | 2.81       | Punzonamiento | 26.097      | 219.639         | 11.88      |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.173       | 64.340          | 8.04       | Vástago       | 27.043      | 90.432          | 29.90      | 24.03   | 29.90           |
|             | Aplastamiento       | 5.173       | 183.680         | 2.82       | Punzonamiento | 27.043      | 219.639         | 12.31      |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.167       | 64.340          | 8.03       | Vástago       | 22.904      | 90.432          | 25.33      | 25.97   | 25.97           |
|             | Aplastamiento       | 5.167       | 183.680         | 2.81       | Punzonamiento | 22.904      | 219.639         | 10.43      |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 7.617       | 64.340          | 11.84      | Vástago       | 23.859      | 90.432          | 26.38      | 25.68   | 26.38           |
|             | Aplastamiento       | 7.617       | 183.680         | 4.15       | Punzonamiento | 23.859      | 219.639         | 10.86      |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11153.24               | 22148.62               |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24               | 22148.62               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 9.74   | 74.58      | 13.06      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 24.645 | 667        | 3.70       |

4) Viga (c) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 17.40  | 180.86     | 9.62       |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 14.62  | 180.20     | 8.11       |
|                               | Tracción             | kN       | 4.61   | 240.95     | 1.91       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 14.24  | 197.38     | 7.22       |

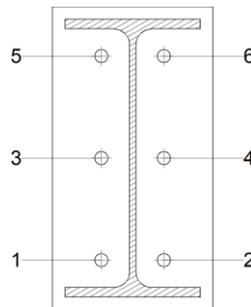
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 17.1                                | 17.1                                | 0.2                                  | 34.1                       | 8.84       | 17.1                                | 5.20       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 12.9                                | 12.9                                | 3.4                                  | 26.4                       | 6.84       | 12.9                                | 3.92       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 16.2                                | 16.2                                | 0.2                                  | 32.5                       | 8.41       | 16.2                                | 4.95       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



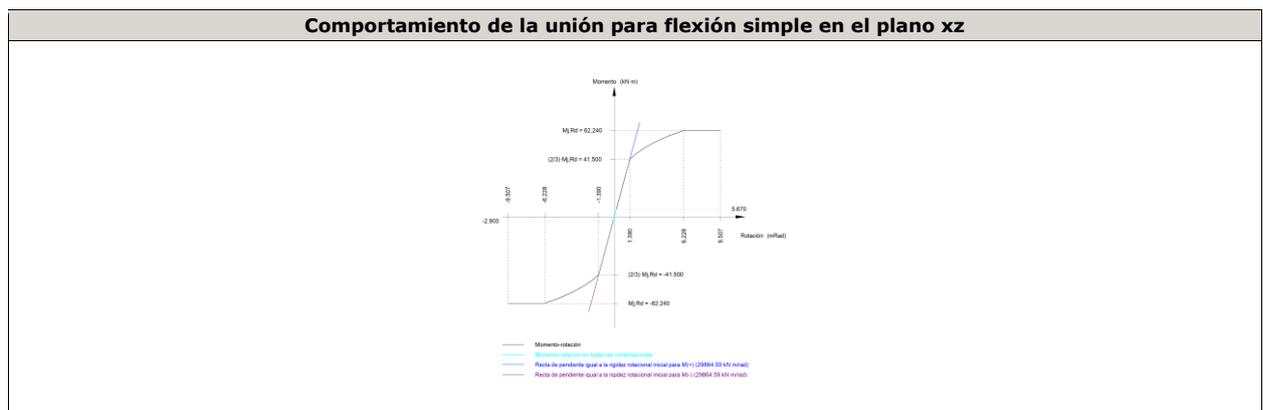
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 18.067      | 50.240          | 35.96      | Vástago       | 4.720       | 90.432          | 5.22       | 35.96   | 35.96           |
|             | Aplastamiento       | 18.067      | 183.680         | 9.84       | Punzonamiento | 4.720       | 219.639         | 2.15       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 3.338       | 50.240          | 6.64       | Vástago       | 7.416       | 90.432          | 8.20       | 7.82  | 8.20            |
|             | Aplastamiento       | 3.338       | 183.680         | 1.82       | Punzonamiento | 7.416       | 219.639         | 3.38       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.319       | 50.240          | 6.61       | Vástago       | 5.826       | 90.432          | 6.44       | 9.86  | 9.86            |
|             | Aplastamiento       | 3.319       | 183.680         | 1.81       | Punzonamiento | 5.826       | 219.639         | 2.65       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.338       | 50.240          | 6.64       | Vástago       | 8.694       | 90.432          | 9.61       | 10.28   | 10.28           |
|             | Aplastamiento       | 3.338       | 183.680         | 1.82       | Punzonamiento | 8.694       | 219.639         | 3.96       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.368       | 50.240          | 10.68      | Vástago       | 8.329       | 90.432          | 9.21       | 11.75   | 11.75           |
|             | Aplastamiento       | 5.368       | 183.680         | 2.92       | Punzonamiento | 8.329       | 219.639         | 3.79       |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.338       | 50.240          | 6.64       | Vástago       | 8.707       | 90.432          | 9.63       | 12.09   | 12.09           |

| Resistencia |               |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
|             | Aplastamiento | 3.338       | 183.680         | 1.82       | Punzonamiento | 8.707       | 219.639         | 3.96       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11441.23            | 29864.59            |
| Calculada para momentos negativos | 11441.23            | 29864.59            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 5.67   | 62.24      | 9.11       |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 19.975 | 667        | 3.00       |

d) Medición

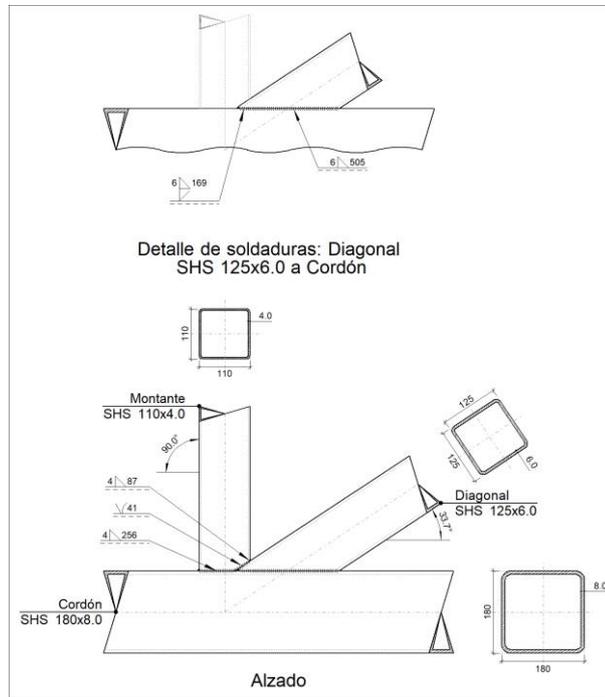
| Soldaduras  |                        |           |                          |                           |
|-------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller              | En ángulo | 4                        | 3822                      |
|             |                        |           | 6                        | 3194                      |
|             | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 542                       |
|             |                        |           | 6                        | 599                       |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x95x12        | 3.04      |
|          |               | 2        | 170x170x12       | 5.44      |
|          | Chapas        | 1        | 170x306x8        | 3.27      |
|          |               | 3        | 190x360x14       | 22.55     |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

1.1.1.10.- Tipo 75

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

|          |             | Perfiles  |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 110x4.0 |           | 110        | 110        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 125x6.0 |           | 125        | 125        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones de resistencia  |          |         |            |            |
|--------------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 1.378   | 289.938    | 0.48       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 331.466 | 871.632    | 38.03      |

2) Montante SHS 110x4.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 23.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 56.31     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                      | %        | 29.70     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.61      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                         | --       | 27.50     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                         | --       | 27.50     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                         | --       | 0.88      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 0.192   | 40.496     | 0.48       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 221.824 | 320.839    | 69.14      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 4                          | 41     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 4      | --                         | 87     |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 4                          | 41     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 4      | --                         | 256    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

| Comprobación de resistencia                     |   |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                  |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                  |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |

3) Diagonal SHS 125x6.0

| Comprobaciones geométricas         |          |           |         |                 |
|------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                       | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                    |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                    | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx}/t_i$ ) | --       | 16.83     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                            | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                             | grados   | 33.69     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                          | --       | 0.69      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                          | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                          | --       | 20.83     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                          | --       | 20.83     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 2.137   | 449.689    | 0.48       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 398.373 | 535.650    | 74.37      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |                                    |        |                            |        |
|--|------------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.   | Tipo                               | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo | 6      | 6                          | 169    |
| Soldadura en ángulo                                    | En ángulo                          | 6      | --                         | 505    |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva*

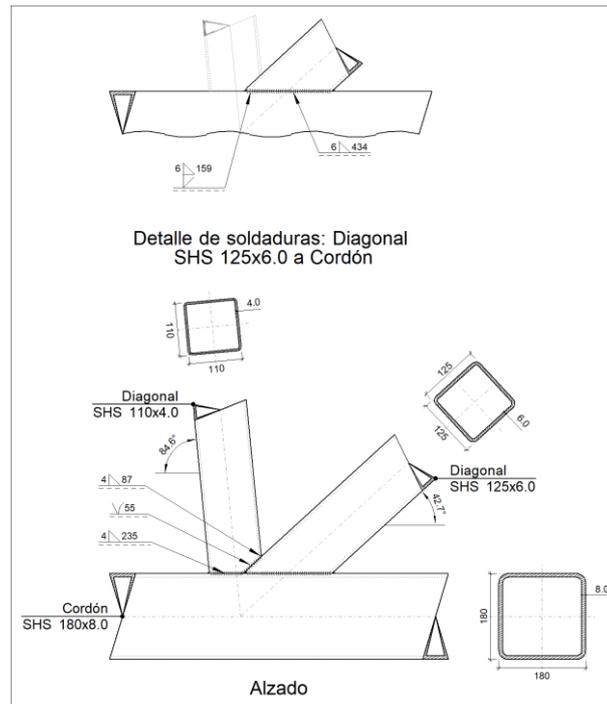
| Comprobación de resistencia                            |  |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|--|--|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises   |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                | 410.0                                 | 0.85                       |           |
| Soldadura en ángulo                                    | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |                                     |   |                            |                | 410.0                                 | 0.85                       |           |

d) Medición

| Soldaduras  |           |  |                          |                           |
|-------------|-----------|--|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo                                    | 4                        | 343                       |
|             |           |  | 6                        | 505                       |
|             |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                        | 169                       |

1.1.1.11.- Tipo 76

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|---------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría  |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             |         | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |         | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 110x4.0 |         | 110        | 110        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 125x6.0 |         | 125        | 125        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas         |          |           |         |                 |
|------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                       | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                    |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                    | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx}/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                            | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| $h_o/b_o$                  | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00   |

| Comprobaciones de resistencia  |          |         |            |            |
|--------------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 13.976  | 262.123    | 5.33       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 212.774 | 765.618    | 27.79      |

2) Diagonal SHS 110x4.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i/t_i}$ ) | --       | 23.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 52.70     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                         | %        | 37.45     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.61      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 27.50     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 27.50     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                            | --       | 0.88      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 0.418   | 7.841      | 5.33       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 222.066 | 358.331    | 61.97      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 4                          | 55     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 4      | --                         | 87     |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 4                          | 55     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 4      | --                         | 235    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

| Comprobación de resistencia                     |   |                                     |                                  |                            |                |                                       |                            |           |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |                                  |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                  |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                  |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                  |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                  |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

3) Diagonal SHS 125x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i/t_i}$ ) | --       | 16.83     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 42.74     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.69      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 20.83     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 20.83     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 19.978  | 374.697    | 5.33       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 261.060 | 421.253    | 61.97      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |                                    |        |                            |        |  |
|--|------------------------------------|--------|----------------------------|--------|--|
| Ref.   | Tipo                               | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |  |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo | 6      | 6                          | 159    |  |
| Soldadura en ángulo                                    | En ángulo                          | 6      | --                         | 434    |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva*

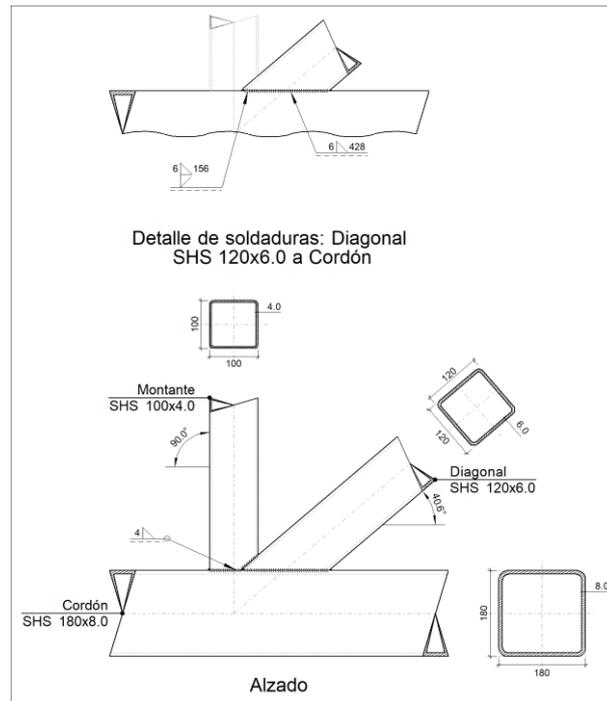
| Comprobación de resistencia                            |  |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|--|--|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises   |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                                    | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

d) Medición

| Soldaduras  |           |  |                          |                           |
|-------------|-----------|--|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo                                    | 4                        | 322                       |
|             |           |  | 6                        | 434                       |
|             |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                        | 159                       |

## 1.1.1.12.- Tipo 77

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x4.0 |           | 100        | 100        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 120x6.0 |           | 120        | 120        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| $h_0/b_0$                  | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00   |

| Comprobaciones de resistencia  |          |         |            |            |
|--------------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 1.270   | 237.195    | 0.54       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 127.419 | 743.094    | 17.15      |

2) Montante SHS 100x4.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i/t_i}$ ) | --       | 21.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 49.40     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                         | %        | 37.20     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_0$                            | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                            | --       | 0.83      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 0.128   | 23.925     | 0.54       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 110.276 | 326.338    | 33.79      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |  |        |        |
|----------------------------|-----------|--|--------|--------|
| Ref.                       | Tipo      |  | a (mm) | l (mm) |
| Soldadura en ángulo        | En ángulo |  | 4      | 409    |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva*

| Comprobación de resistencia |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura en ángulo         | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

3) Diagonal SHS 120x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i/t_i}$ ) | --       | 16.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 40.60     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_0$                            | --       | 0.67      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 20.00     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| $h/t_i$                    | --       | 20.00     | --      | 35.00  |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 1.755   | 327.709    | 0.54       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 167.821 | 496.632    | 33.79      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |                                    |           |                               |           |
|--|------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                               | a<br>(mm) | Preparación de bordes<br>(mm) | l<br>(mm) |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo | 6         | 6                             | 156       |
| Soldadura en ángulo                                    | En ángulo                          | 6         | --                            | 428       |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

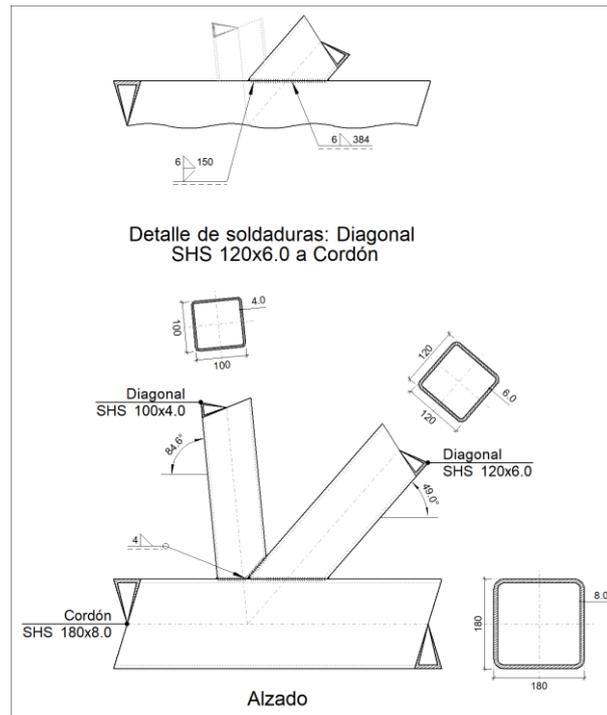
| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |                |  |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|----------------|--|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises   |  |  |                               | Tensión normal |  | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |                               |           |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |  |                               |                |  | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                                    | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |  |  |                               |                |  | 410.0                         | 0.85      |

## d) Medición

| Soldaduras     |           |  |                             |                              |
|----------------|-----------|--|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller | En ángulo                                    | 4                           | 409                          |
|                |           |  | 6                           | 428                          |
|                |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                           | 156                          |

## 1.1.1.13.- Tipo 78

## a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x4.0 |           | 100        | 100        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 120x6.0 |           | 120        | 120        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| Espesor                    | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0   |
| $h_o/b_o$                  | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00   |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 20.290 | 221.691    | 9.15       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 71.598 | 677.075    | 10.57      |

2) Diagonal SHS 100x4.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 21.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 46.40     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                      | %        | 42.79     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                         | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                         | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                         | --       | 0.83      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |         |            |            |
|---|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 19.226  | 210.060    | 9.15       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 110.531 | 350.966    | 31.49      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) |  |
| Soldadura en ángulo        | En ángulo | 4      | 418    |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*

| Comprobación de resistencia |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura en ángulo         | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

3) Diagonal SHS 120x6.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 16.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 46.40     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.67      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| b/t <sub>i</sub>           | --       | 20.00     | --      | 35.00  |
| h/t <sub>i</sub>           | --       | 20.00     | --      | 35.00  |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 1.524  | 16.655     | 9.15       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 93.240 | 296.064    | 31.49      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |                                    |      |                       |      |  |
|--|------------------------------------|------|-----------------------|------|--|
| Ref.   | Tipo                               | a    | Preparación de bordes | l    |  |
|  |                                    | (mm) | (mm)                  | (mm) |  |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo | 6    | 6                     | 150  |  |
| Soldadura en ángulo                                    | En ángulo                          | 6    | --                    | 384  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

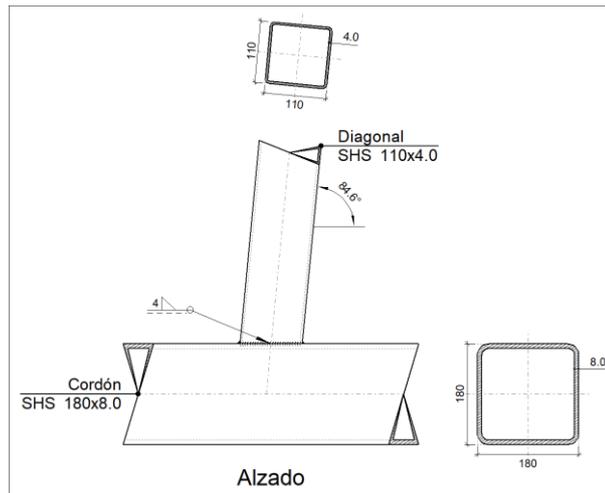
| Comprobación de resistencia                            |  |  |   |                               |                |  |  |                |
|--|--|--|---|-------------------------------|----------------|--|--|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises   |  |   |                               | Tensión normal |  | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)  | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) |  |                |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |   |                               |                |  | 410.0                                  | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                                    | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |  |   |                               |                |  | 410.0                                  | 0.85           |

d) Medición

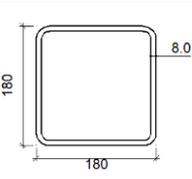
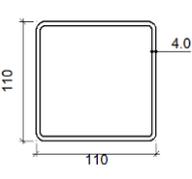
| Soldaduras              |           |  |                             |                              |
|-------------------------|-----------|--|-----------------------------|------------------------------|
| f <sub>u</sub><br>(MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0                   | En taller | En ángulo                                    | 4                           | 418                          |
|                         |           |  | 6                           | 384                          |
|                         |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                           | 150                          |

1.1.1.14.- Tipo 79

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría   |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |   | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 110x4.0 |  | 110        | 110        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_o}/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_o/t_o$                            | --       | 22.50     | --      | 35.00           |
| $h_o/t_o$                            | --       | 22.50     | --      | 35.00           |

2) Diagonal SHS 110x4.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i}/t_i$ ) | --       | 23.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 84.56     | 30.00   | --              |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| $b_i/b_o$                  | --       | 0.61      | 0.25    | 1.00   |
| $h_i/b_i$                  | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00   |
| $b_i/t_i$                  | --       | 27.50     | --      | 35.00  |
| $h_i/t_i$                  | --       | 27.50     | --      | 35.00  |

| Comprobaciones de resistencia |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                  | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón     | kN       | 160.652 | 169.218    | 94.94      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |  |  |        |        |
|----------------------------|-----------|--|--|--------|--------|
| Ref.                       | Tipo      |  |  | a (mm) | l (mm) |
| Soldadura en ángulo        | En ángulo |  |  | 4      | 427    |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*

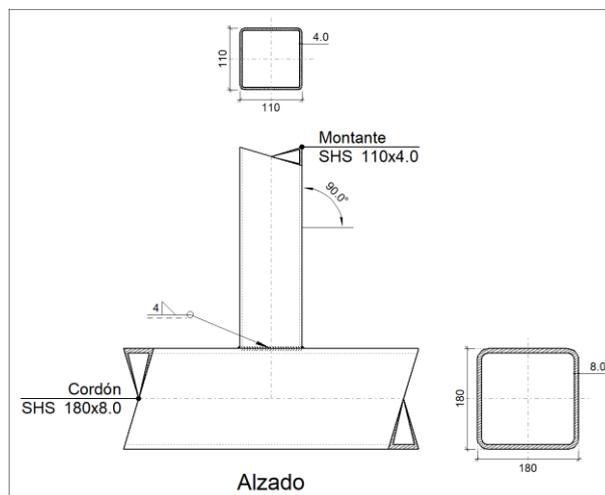
| Comprobación de resistencia |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura en ángulo         | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

d) Medición

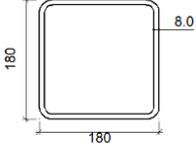
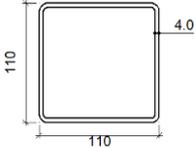
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 427                       |

1.1.1.15.- Tipo 80

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría  |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |  | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 110x4.0 |  | 110        | 110        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_o/t_o$                         | --       | 22.50     | --      | 35.00           |
| $h_o/t_o$                         | --       | 22.50     | --      | 35.00           |

2) Montante SHS 110x4.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 23.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 90.00     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.61      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                         | --       | 27.50     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                         | --       | 27.50     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------|---------|------------|------------|
| Comprobación                  | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón     | kN       | 160.390 | 168.205    | 95.35      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) |
| Soldadura en ángulo        | En ángulo | 4      | 426    |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva*

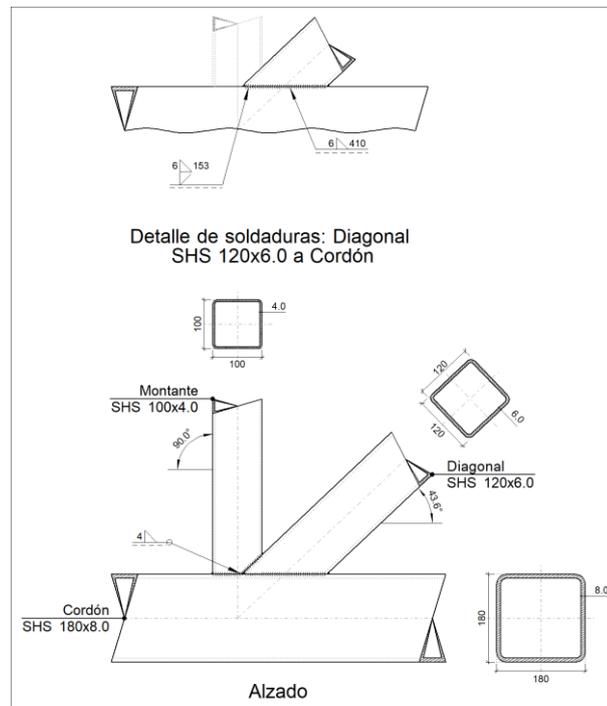
| Comprobación de resistencia |   |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|---|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises  |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura en ángulo         | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |

d) Medición

| Soldaduras     |           |           |                             |                              |
|----------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller | En ángulo | 4                           | 426                          |

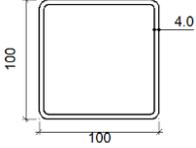
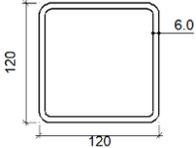
1.1.1.16.- Tipo 81

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |               |               |                 |                                   |       |                |                |
|----------|-------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|-------|----------------|----------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |               |               |                 |                                   | Acero |                |                |
|          |             | Esquema   | Ancho<br>(mm) | Canto<br>(mm) | Espesor<br>(mm) | Radio de acuerdo interior<br>(mm) | Tipo  | $f_y$<br>(MPa) | $f_u$<br>(MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180           | 180           | 8               | 12                                | S275  | 275.0          | 410.0          |

| Perfiles |             |   |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría  |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Diagonal | SHS 100x4.0 |  | 100        | 100        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 120x6.0 |  | 120        | 120        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_0}/t_0$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_0/b_0$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 22.407 | 229.303    | 9.77       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 67.863 | 711.445    | 9.54       |

2) Montante SHS 100x4.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i}/t_i$ ) | --       | 21.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 46.40     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                         | %        | 42.50     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_0$                            | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                            | --       | 0.83      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 12.469 | 127.600    | 9.77       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 72.129 | 349.678    | 20.63      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                                |   |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|---|---|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.  |   | Tipo                                   |   |                               |               | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)     |  |                |
| Soldadura en ángulo                                       |   | En ángulo                              |   |                               |               | 4                                      | 417           |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i> |   |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia                               |   |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> )  | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura en ángulo                                       | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |   |                               |               |  |               | 410.0                                  | 0.85           |

3) Diagonal SHS 120x6.0

| Comprobaciones geométricas                          |          |           |         |                 |
|---|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación  | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                                     | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección (C <sub>máx./t<sub>i</sub></sub> ) | --       | 16.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor   | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo  | grados   | 43.60     | 30.00   | --              |
| b <sub>i</sub> /b <sub>o</sub>                      | --       | 0.67      | 0.25    | 1.00            |
| h <sub>i</sub> /b <sub>i</sub>                      | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| b <sub>i</sub> /t <sub>i</sub>                      | --       | 20.00     | --      | 35.00           |
| h <sub>i</sub> /t <sub>i</sub>                      | --       | 20.00     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 14.411 | 147.469    | 9.77       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 93.508 | 453.324    | 20.63      |

Cordones de soldadura

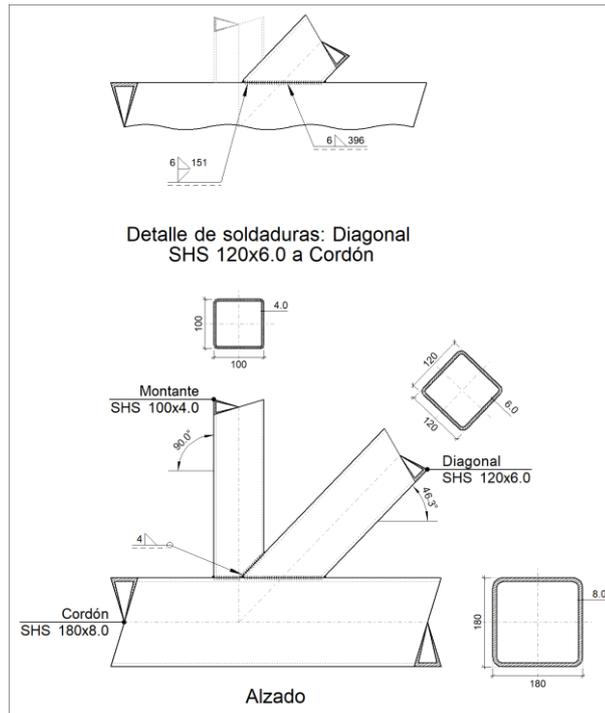
| Comprobaciones geométricas                                |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
|---|--|--|---|-------------------------------|---------------|--|---------------|--|----------------|
| Ref.  | Tipo   | a<br>(mm)  | Preparación de bordes<br>(mm)           |                               | l<br>(mm)     |  |               |  |                |
|   |  | Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo      | 6                             | 6             |  | 153           |  |                |
| Soldadura en ángulo                                       | En ángulo  | 6  | --                                      |                               | 410           |  |               |  |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i> |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Comprobación de resistencia                               |  |  |   |                               |               |  |               |  |                |
| Ref.  | Tensión de Von Mises   |  |   |                               |               | Tensión normal                         |               | f <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> )                 | τ <sub>  </sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |  |                |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo    | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |   |                               |               | 410.0                                  | 0.85          |  |                |
| Soldadura en ángulo                                       | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |  |   |                               |               | 410.0                                  | 0.85          |  |                |

d) Medición

| Soldaduras  |           |  |                          |                           |
|-------------|-----------|--|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo                                    | 4                        | 417                       |
|             |           |  | 6                        | 410                       |
|             |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                        | 153                       |

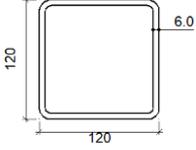
1.1.1.17.- Tipo 82

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x4.0 |           | 100        | 100        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Perfiles |             |   |            |            |              |      |                                |             |             |  |
|----------|-------------|---|------------|------------|--------------|------|--------------------------------|-------------|-------------|--|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría  |            |              |      | Radio de acuerdo interior (mm) | Acero       |             |  |
|          |             |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo |                                | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |  |
| Diagonal | SHS 120x6.0 |  | 120        | 120        | 6            | 6    | S275                           | 275.0       | 410.0       |  |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas         |          |           |         |                 |
|------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                       | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                    |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                    | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx}/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                            | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                          | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 2.202  | 222.944    | 0.99       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 37.892 | 686.149    | 5.52       |

2) Montante SHS 100x4.0

| Comprobaciones geométricas         |          |           |         |                 |
|------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                       | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                    |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                    | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx}/t_i$ ) | --       | 21.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                            | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                             | grados   | 43.67     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                       | %        | 47.04     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                          | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                          | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                          | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                          | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                          | --       | 0.83      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 1.878  | 190.209    | 0.99       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 37.566 | 369.644    | 10.16      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) |
| Soldadura en ángulo        | En ángulo | 4      | 427    |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva*

| Comprobación de resistencia |   |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|---|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises  |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura en ángulo         | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Diagonal SHS 120x6.0

| Comprobaciones geométricas                            |          |           |         |                 |
|---|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación  | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                                       | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección (Cmáx <sub>i</sub> /t <sub>i</sub> ) | --       | 16.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor   | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo  | grados   | 43.67     | 30.00   | --              |
| b <sub>i</sub> /b <sub>o</sub>                        | --       | 0.67      | 0.25    | 1.00            |
| h <sub>i</sub> /b <sub>i</sub>                        | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| b <sub>i</sub> /t <sub>i</sub>                        | --       | 20.00     | --      | 35.00           |
| h <sub>i</sub> /t <sub>i</sub>                        | --       | 20.00     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 0.447  | 45.255     | 0.99       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 54.878 | 539.994    | 10.16      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |                                    |           |                               |           |
|--|------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                               | a<br>(mm) | Preparación de bordes<br>(mm) | l<br>(mm) |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo | 6         | 6                             | 151       |
| Soldadura en ángulo                                    | En ángulo                          | 6         | --                            | 396       |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

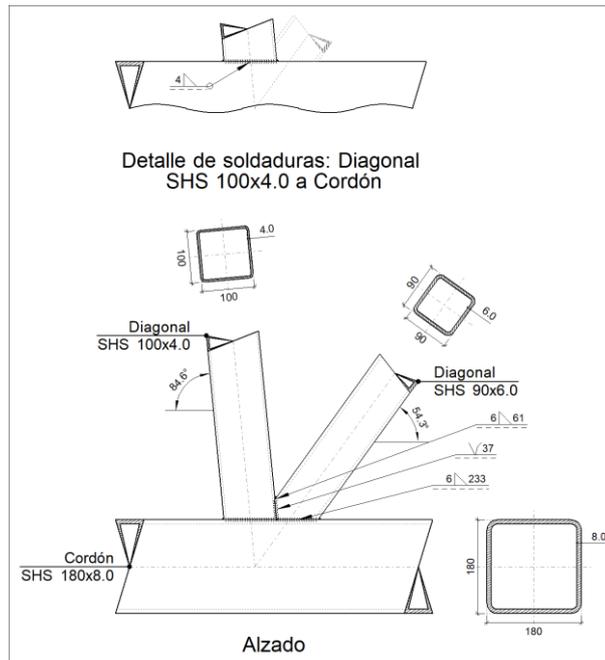
| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises   |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                                    | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |

## d) Medición

| Soldaduras     |           |  |                             |                              |
|----------------|-----------|--|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller | En ángulo                                    | 4                           | 427                          |
|                |           |  | 6                           | 396                          |
|                |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                           | 151                          |

## 1.1.1.18.- Tipo 83

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x4.0 |           | 100        | 100        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 90x6.0  |           | 90         | 90         | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| Espesor                    | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0   |
| $h_o/b_o$                  | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00   |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 40.222 | 176.583    | 22.78      |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 33.834 | 525.991    | 6.43       |

2) Diagonal SHS 100x4.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 21.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 41.19     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                         | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                         | --       | 25.00     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 25.891 | 113.668    | 22.78      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 11.762 | 54.839     | 21.45      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                                  |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|---|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tipo  |                                     | a (mm)                                  | l (mm)                     |                |                                       |                            |           |
| Soldadura en ángulo   | En ángulo   |                                     | 4                                       | 387                        |                |                                       |                            |           |
| <small>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva</small> |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia                                 |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura en ángulo   | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

3) Diagonal SHS 90x6.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 11.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 41.19     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                      | %        | 29.15     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.50      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                         | --       | 15.00     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| $h/t_i$                    | --       | 15.00     | --      | 35.00  |
| $b_i/b_j$                  | --       | 0.90      | 0.75    | --     |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 17.801 | 78.149     | 22.78      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 56.007 | 261.125    | 21.45      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 37     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 61     |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 37     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 233    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

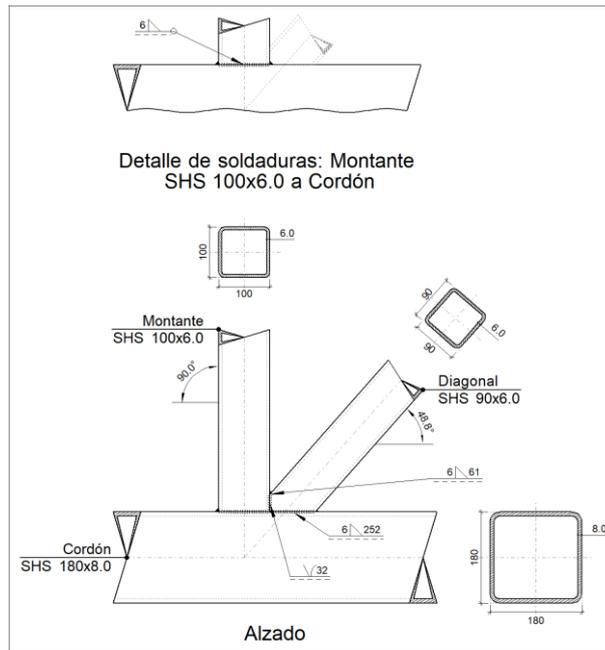
| Comprobación de resistencia                     |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|---|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

d) Medición

| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 387                       |
|             |           |           | 6                        | 294                       |

## 1.1.1.19.- Tipo 84

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x6.0 |           | 100        | 100        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 90x6.0  |           | 90         | 90         | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 14.045 | 180.527    | 7.78       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 37.331 | 623.721    | 5.99       |

2) Montante SHS 100x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i/t_i}$ ) | --       | 12.67     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 41.19     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 16.67     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 16.67     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 7.732  | 99.383     | 7.78       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 31.082 | 159.934    | 19.43      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                                  |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|---|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tipo  |                                     | a (mm)                                  | l (mm)                     |                |                                       |                            |           |
| Soldadura en ángulo   | En ángulo   |                                     | 6                                       | 379                        |                |                                       |                            |           |
| <small>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva</small> |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia                                 |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura en ángulo   | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

3) Diagonal SHS 90x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i/t_i}$ ) | --       | 11.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 41.19     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                         | %        | 25.96     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.50      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                            | --       | 0.90      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                  | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón     | kN       | 8.389  | 107.821    | 7.78       |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 56.690 | 291.699    | 19.43      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 32     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 61     |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 32     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 252    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

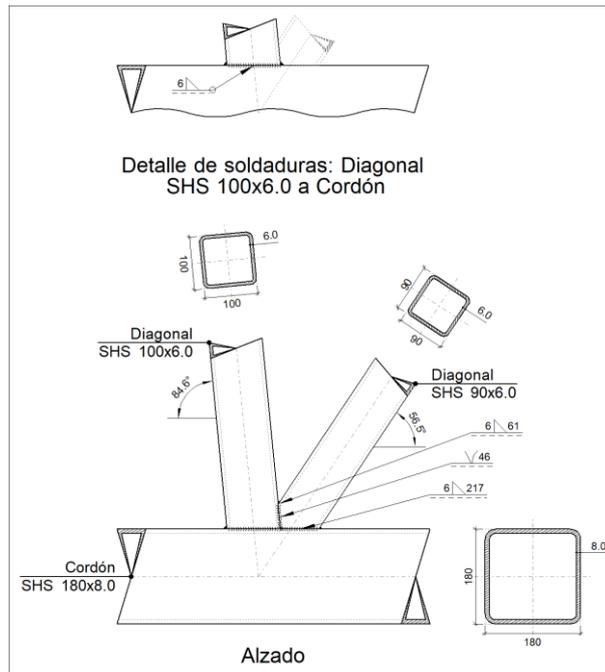
| Comprobación de resistencia                     |   |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|---|---|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

d) Medición

| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 6                        | 692                       |

1.1.1.20.- Tipo 85

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |            |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |           | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x6.0 |           | 100        | 100        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 90x6.0  |           | 90         | 90         | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 29.183 | 173.797    | 16.79      |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 54.219 | 586.794    | 9.24       |

2) Diagonal SHS 100x6.0

| Comprobaciones geométricas         |          |           |         |                 |
|------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                       | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                    |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                    | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx}/t_i$ ) | --       | 12.67     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                            | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                             | grados   | 38.93     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                          | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                          | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                          | --       | 16.67     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                          | --       | 16.67     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 6.696  | 39.877     | 16.79      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 32.286 | 117.014    | 27.59      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                                  |   |  |  |                               |               |  |               |
|---|---|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|
| Ref.  | Tipo  |  | a<br>(mm)                                  | l<br>(mm)                     |               |  |               |
| Soldadura en ángulo   | En ángulo   |  | 6  | 380                           |               |  |               |
| <small>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva</small> |   |  |  |                               |               |  |               |
| Comprobación de resistencia                                 |   |  |  |                               |               |  |               |
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               |
|   | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |
| Soldadura en ángulo   | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |  |  |                               |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> )            | $\beta_w$     |
|   |   |  |  |                               |               | 410.0                                    | 0.85          |

3) Diagonal SHS 90x6.0

| Comprobaciones geométricas         |          |           |         |                 |
|------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                       | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                    |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                    | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx}/t_i$ ) | --       | 11.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                            | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                             | grados   | 38.93     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                       | %        | 33.43     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                          | --       | 0.50      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                          | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                          | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                          | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                          | --       | 0.90      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 26.999 | 160.789    | 16.79      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 92.719 | 336.045    | 27.59      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 46     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 61     |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 46     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 217    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

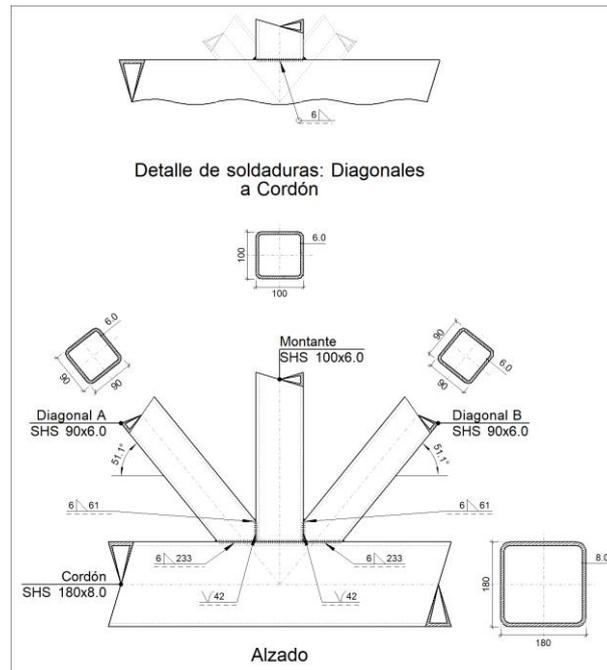
| Comprobación de resistencia                     |   |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|---|---|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

d) Medición

| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 6                        | 658                       |

## 1.1.1.21.- Tipo 86

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |         |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|---------|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema | Geometría  |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             |         | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |         | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 90x6.0  |         | 90         | 90         | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x6.0 |         | 100        | 100        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones geométricas |          |           |         |        |
|----------------------------|----------|-----------|---------|--------|
| Comprobación               | Unidades | Calculado | Límites |        |
|                            |          |           | Mínimo  | Máximo |
| $b_o/t_o$                  | --       | 22.50     | --      | 35.00  |
| $h_o/t_o$                  | --       | 22.50     | --      | 35.00  |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 2.309  | 207.633    | 1.11       |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 58.725 | 605.525    | 9.70       |

2) Diagonal A SHS 90x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i}/t_i$ ) | --       | 11.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 38.93     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                         | %        | 30.39     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.50      | 0.35    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                            | --       | 0.90      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 93.461 | 350.184    | 26.69      |
| Punzonamiento por esfuerzo cortante     | kN       | 93.461 | 590.037    | 15.84      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 25.552 | 83.309     | 30.67      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |  |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|--|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |  |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 42     |  |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 61     |  |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 42     |  |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 233    |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva*

| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|---|---|-------------------------------------|---|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |   |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |   |                            |            |                                       |            | 410.0                      | 0.85      |

3) Montante SHS 100x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i}/t_i$ ) | --       | 12.67     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 38.93     | 30.00   | --              |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.56      | 0.35    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 16.67     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 16.67     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 1.731  | 43.994     | 3.94       |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 55.998 | 182.567    | 30.67      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                                  |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
|---|---|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.  | Tipo  |                                     | a (mm)                                  | l (mm)                     |                |                                       |                            |           |
| Soldadura en ángulo   | En ángulo   |                                     | 6                                       | 379                        |                |                                       |                            |           |
| <small>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva</small> |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia                                 |   |                                     |   |                            |                |                                       |                            |           |
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |   |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura en ángulo   | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |   |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

## 4) Diagonal B SHS 90x6.0

| Comprobaciones geométricas           |          |           |         |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                         | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                      |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                      | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $C_{máx_i}/t_i$ ) | --       | 11.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                              | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                               | grados   | 38.93     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                         | %        | 30.39     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                            | --       | 0.50      | 0.35    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                            | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                            | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                            | --       | 15.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                            | --       | 0.90      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 93.460 | 350.184    | 26.69      |
| Punzonamiento por esfuerzo cortante     | kN       | 93.460 | 590.037    | 15.84      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 25.552 | 83.308     | 30.67      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                      |                      |        |                            |        |
|---|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| Ref.  | Tipo                 | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 42     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 61     |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | A tope en 'J' simple | --     | 6                          | 42     |
| Soldadura en ángulo                             | En ángulo            | 6      | --                         | 233    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

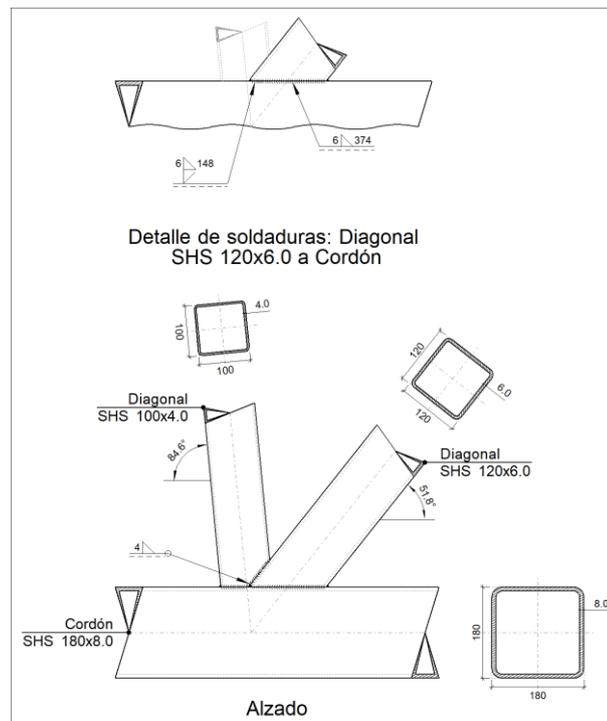
| Comprobación de resistencia                     |   |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|---|---|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises  |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                             | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.       |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

d) Medición

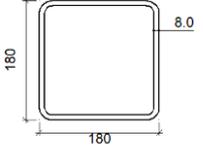
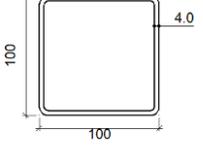
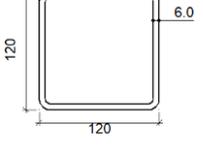
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 6                        | 967                       |

1.1.1.22.- Tipo 90

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |            |            |              |                                |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------|------------|--------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría  |            |              |                                | Acero |             |             |
|          |             |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Cordón   | SHS 180x8.0 |  | 180        | 180        | 8            | 12                             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 100x4.0 |  | 100        | 100        | 4            | 4                              | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Diagonal | SHS 120x6.0 |  | 120        | 120        | 6            | 6                              | S275  | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Cordón SHS 180x8.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_o/t_o$ ) | --       | 17.50     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 8.0       | 2.5     | 25.0            |
| $h_o/b_o$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |

| Comprobaciones de resistencia  |          |        |            |            |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón      | kN       | 49.169 | 216.515    | 22.71      |
| Cortante en la cara del cordón | kN       | 39.990 | 656.828    | 6.09       |

2) Diagonal SHS 100x4.0

| Comprobaciones geométricas        |          |           |         |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                      | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|                                   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                   | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección ( $Cmáx_i/t_i$ ) | --       | 21.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                           | mm       | 4.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                            | grados   | 43.67     | 30.00   | --              |
| Solapamiento                      | %        | 46.93     | 25.00   | 100.00          |
| $b_i/b_o$                         | --       | 0.56      | 0.25    | 1.00            |
| $h_i/b_i$                         | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| $b_i/t_i$                         | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $h_i/t_i$                         | --       | 25.00     | --      | 35.00           |
| $b_i/b_j$                         | --       | 0.83      | 0.75    | --              |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 42.012 | 185.003    | 22.71      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 72.418 | 369.161    | 19.62      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |  |        |        |  |
|----------------------------|-----------|--|--------|--------|--|
| Ref.                       | Tipo      |  | a (mm) | l (mm) |  |
| Soldadura en ángulo        | En ángulo |  | 4      | 427    |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

| Comprobación de resistencia |   |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises  |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldadura en ángulo         | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

3) Diagonal SHS 120x6.0

| Comprobaciones geométricas              |          |           |         |                 |
|---|----------|-----------|---------|-----------------|
| Comprobación                            | Unidades | Calculado | Límites |                 |
|   |          |           | Mínimo  | Máximo          |
| Límite elástico                         | MPa      | 275.0     | --      | 460.0           |
| Clase de sección (Cmáx <sub>i</sub> /t) | --       | 16.00     | --      | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor                                 | mm       | 6.0       | 2.5     | 25.0            |
| Ángulo                                  | grados   | 43.67     | 30.00   | --              |
| b <sub>i</sub> /b <sub>o</sub>          | --       | 0.67      | 0.25    | 1.00            |
| h <sub>i</sub> /b <sub>i</sub>          | --       | 1.00      | 0.50    | 2.00            |
| b <sub>i</sub> /t <sub>i</sub>          | --       | 20.00     | --      | 35.00           |
| h <sub>i</sub> /t <sub>i</sub>          | --       | 20.00     | --      | 35.00           |

| Comprobaciones de resistencia           |          |        |            |            |
|---|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación                            | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Plastificación del cordón               | kN       | 9.350  | 41.175     | 22.71      |
| Fallo de la diagonal por anchura eficaz | kN       | 33.510 | 170.823    | 19.62      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |                                    |  |        |                            |        |
|--|------------------------------------|--|--------|----------------------------|--------|
| Ref.   | Tipo                               |  | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | A tope en bisel simple y en ángulo |  | 6      | 6                          | 148    |
| Soldadura en ángulo                                    | En ángulo                          |  | 6      | --                         | 374    |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva

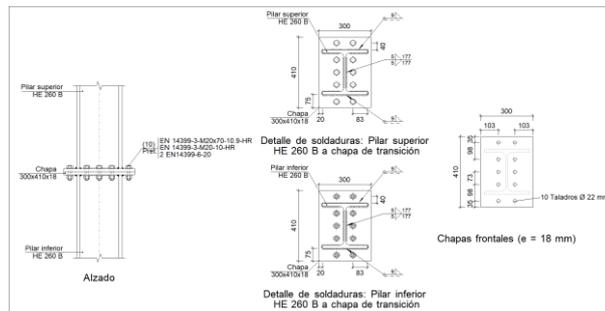
| Comprobación de resistencia                            |  |                                     |                                      |                            |                |                                     |                                     |                |
|--|--|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises   |                                     |                                      |                            | Tensión normal |                                     | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )  | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                                     |                |
| Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo | La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura en ángulo                                    | Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.  |                                     |                                      |                            |                |                                     | 410.0                               | 0.85           |

d) Medición

| Soldaduras  |           |  |                          |                           |
|-------------|-----------|--|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo                                    | 4                        | 427                       |
|             |           | Combinada a tope en bisel simple y en ángulo | 6                        | 374                       |
|             |           |  | 6                        | 148                       |

1.1.1.23.- Tipo 95

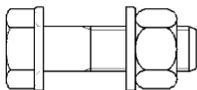
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles       |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza          | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|                |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar inferior | HE 260 B    |           | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Pilar superior | HE 260 B    |           | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal             |           | 300        | 410        | 18           | 10       | 22            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería  |            |   |          |               |       |             |             |
|---|------------|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Pretensado | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   |            | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| EN 14399-3-M20x70-10.9-HR<br>EN 14399-3-M20-10-HR<br>2 EN14399-6-20 | X          |  | M20      | 70            | 10.9  | 900.0       | 1000.0      |

c) Comprobación

1) Pilar inferior HE 260 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 270.48 | 274.13     | 98.67      |
| Ala                           | Aplastamiento        | kN       | 575.41 | 1191.67    | 48.29      |
|                               | Tracción             | kN       | 183.99 | 456.66     | 40.29      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 107.91 | 189.88     | 56.83      |

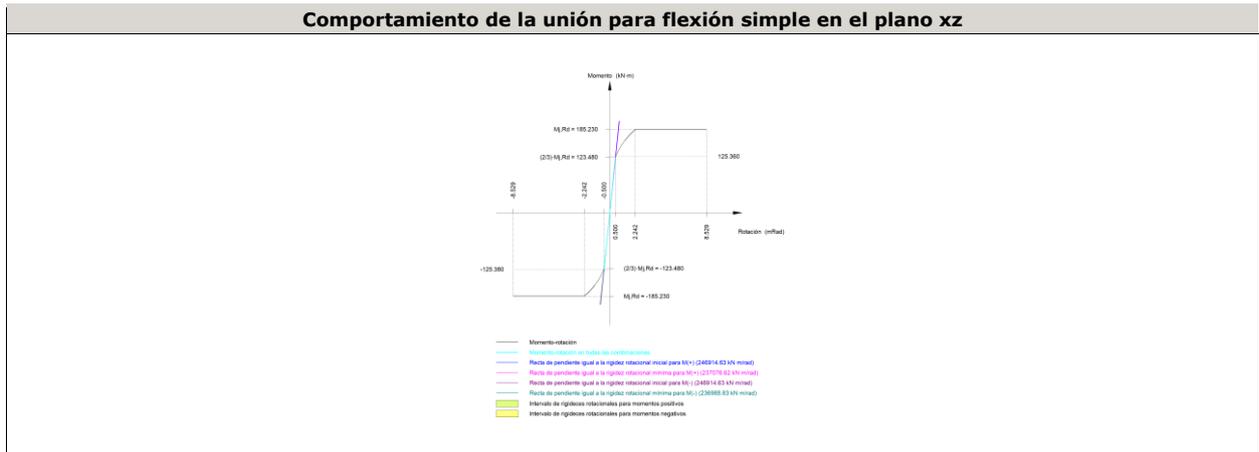
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 9      | 260    | 17.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 9      | 260    | 17.5   | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                       |                                     |   |                            |            |                                       |            |                            |           |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior  | 100.8                                 | 100.8                               | 0.4                                     | 201.5                      | 52.22      | 100.8                                 | 30.72      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 143.9                                 | 143.9                               | 40.8                                    | 296.4                      | 76.81      | 143.9                                 | 43.88      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 100.7                                 | 100.7                               | 0.4                                     | 201.5                      | 52.22      | 100.8                                 | 30.72      | 410.0                      | 0.85      |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 257813.99           | 246914.63           |
| Calculada para momentos negativos | 257813.99           | 246914.63           |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.04   | 1.80       | 57.52      |
| Momento resistente         | kNm      | 125.38 | 185.23     | 67.69      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 62.030 | 667        | 9.30       |

2) Pilar superior HE 260 B

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 270.48 | 274.13     | 98.67      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 575.41 | 1191.67    | 48.29      |
|               | Tracción             | kN       | 183.99 | 456.66     | 40.29      |
| Alma          | Tracción             | kN       | 107.91 | 189.88     | 56.83      |

**Cordones de soldadura**

**Comprobaciones geométricas**

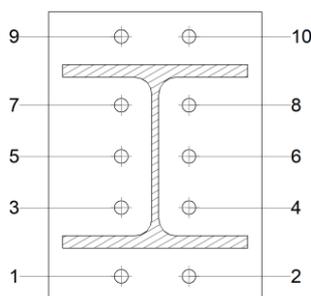
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 9      | 260    | 17.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 177    | 10.0   | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 9      | 260    | 17.5   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises   |                        |                         |               |            | Tensión normal         |            | fu (N/mm²) | βw   |
|----------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|------------|------------------------|------------|------------|------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm²) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm²) | τ <sub>  </sub> (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm²) | Aprov. (%) |            |      |
| Soldadura del ala superior | 100.8                  | 100.8                  | 0.4                     | 201.5         | 52.22      | 100.8                  | 30.72      | 410.0      | 0.85 |
| Soldadura del alma         | 143.9                  | 143.9                  | 40.8                    | 296.4         | 76.81      | 143.9                  | 43.88      | 410.0      | 0.85 |
| Soldadura del ala inferior | 100.7                  | 100.7                  | 0.4                     | 201.5         | 52.22      | 100.8                  | 30.72      | 410.0      | 0.85 |

**Comprobaciones para los tornillos**

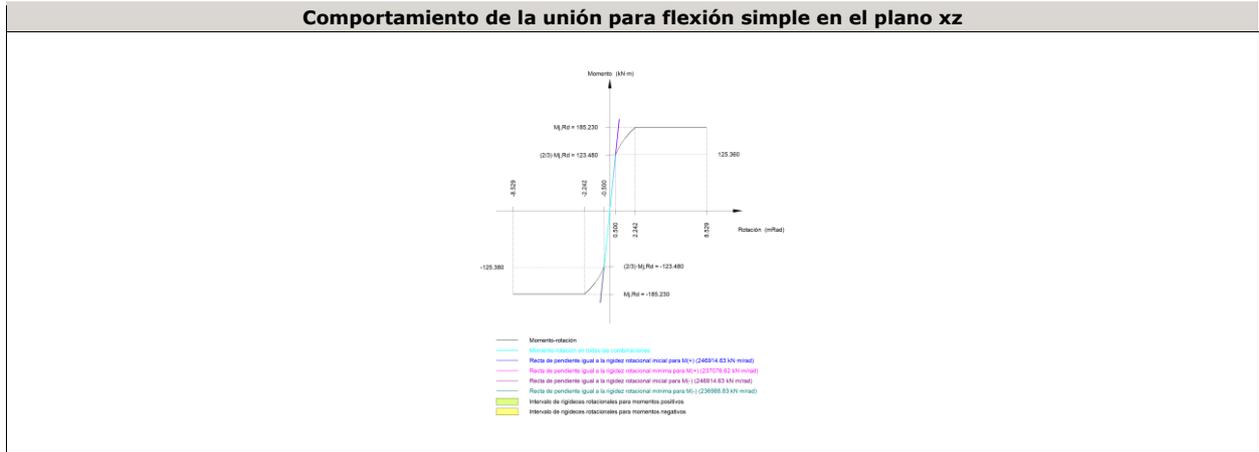


| Disposición |                           |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación              | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | 35                     | 103                    | 98                     | 95                     | 35.0      |
| 2           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | 35                     | 103                    | 98                     | 95                     | 35.0      |
| 3           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | --                     | 103                    | 73                     | 95                     | 40.0      |
| 4           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | --                     | 103                    | 73                     | 95                     | 40.0      |
| 5           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | --                     | 103                    | 73                     | 95                     | 42.5      |
| 6           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | --                     | 103                    | 73                     | 95                     | 42.5      |
| 7           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | --                     | 103                    | 73                     | 95                     | 40.0      |
| 8           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | --                     | 103                    | 73                     | 95                     | 40.0      |
| 9           | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | 35                     | 103                    | 98                     | 95                     | 35.0      |
| 10          | EN 14399-3-M20x70-10.9-HR | 22.0                   | 35                     | 103                    | 98                     | 95                     | 35.0      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |               |             |                 |            |               |             |                 |            |  |                 |
|-------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--|-----------------|
| Tornillo    | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |  |                 |
| 1           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 165.215     | 176.400         | 93.66      | 19.92  | 93.66           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 156.572         | 4.61       | Punzonamiento | 135.241     | 372.981         | 36.26      |  |                 |
| 2           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 165.121     | 176.400         | 93.61      | 19.92  | 93.61           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 156.572         | 4.61       | Punzonamiento | 133.868     | 372.981         | 35.89      |  |                 |
| 3           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 162.007     | 176.400         | 91.84      | 19.92  | 91.84           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 250.489         | 2.88       | Punzonamiento | 88.625      | 372.981         | 23.76      |  |                 |
| 4           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 161.913     | 176.400         | 91.79      | 19.92  | 91.79           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 250.489         | 2.88       | Punzonamiento | 87.252      | 372.981         | 23.39      |  |                 |
| 5           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 159.622     | 176.400         | 90.49      | 19.92  | 90.49           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 250.489         | 2.88       | Punzonamiento | 53.962      | 372.981         | 14.47      |  |                 |
| 6           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 159.528     | 176.400         | 90.44      | 19.92  | 90.44           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 250.489         | 2.88       | Punzonamiento | 52.589      | 372.981         | 14.10      |  |                 |
| 7           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 162.007     | 176.400         | 91.84      | 19.92  | 91.84           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 250.489         | 2.88       | Punzonamiento | 88.614      | 372.981         | 23.76      |  |                 |
| 8           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 161.913     | 176.400         | 91.79      | 19.92  | 91.79           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 250.489         | 2.88       | Punzonamiento | 87.246      | 372.981         | 23.39      |  |                 |
| 9           | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 165.214     | 176.400         | 93.66      | 19.92  | 93.66           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 156.572         | 4.61       | Punzonamiento | 135.225     | 372.981         | 36.26      |  |                 |
| 10          | Deslizamiento | 7.216       | 41.160          | 17.53      | Vástago       | 165.120     | 176.400         | 93.61      | 19.92  | 93.61           |
|             | Aplastamiento | 7.216       | 156.572         | 4.61       | Punzonamiento | 133.857     | 372.981         | 35.89      |  |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 257813.99              | 246914.63              |
| Calculada para momentos negativos | 257813.99              | 246914.63              |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.04   | 1.80       | 57.52      |
| Momento resistente         | kNm      | 125.38 | 185.23     | 67.69      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 62.030 | 667        | 9.30       |

d) Medición

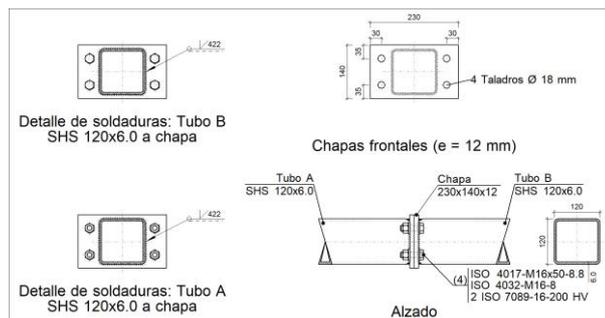
| <b>Soldaduras</b> |           |           |                          |                           |
|-------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa)       | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0             | En taller | En ángulo | 5                        | 708                       |
|                   |           |           | 9                        | 1988                      |

| <b>Chapas</b> |        |          |                  |           |
|---------------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material      | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275          | Chapas | 2        | 300x410x18       | 34.76     |
|               |        |          |                  | Total     |

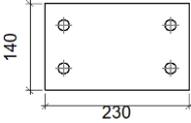
| <b>Elementos de tornillería</b> |               |          |                      |
|---------------------------------|---------------|----------|----------------------|
| Tipo                            | Material      | Cantidad | Descripción          |
| Tornillos                       | Clase 10.9    | 10       | EN 14399-3-M20x70-HR |
| Tuercas                         | Clase 10      | 10       | EN 14399-3-M20-HR    |
| Arandelas                       | Dureza 300 HV | 20       | EN14399-6-20         |

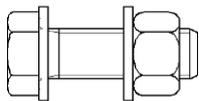
**1.1.1.27.- Tipo 99**

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa                     |  | 230        | 140        | 12           | 4        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x50-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 50            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Tubo A SHS 120x6.0

| Componente     | Comprobación   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------|----------------|----------|--------|------------|------------|
| Pieza          | Tracción       | kN       | 27.60  | 207.43     | 13.31      |
| Chapa de testa | Espesor mínimo | mm       | 12.00  | 6.92       | 57.69      |
|                | Espesor máximo | mm       | 12.00  | 4.06       | 0.00       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas             |   |                                     |                                  |                            |                |                                       |                            |           |
|--|---|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                                   | Tipo  |                                     | Preparación de bordes (mm)       |                            | l (mm)         |                                       |                            |           |
| Soldadura del tubo a la chapa de testa | A tope en bisel simple  |                                     | 6                                |                            | 422            |                                       |                            |           |
| <i>l: Longitud efectiva</i>            |   |                                     |                                  |                            |                |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia            |   |                                     |                                  |                            |                |                                       |                            |           |
| Ref.                                   | Tensión de Von Mises  |                                     |                                  |                            | Tensión normal |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )   | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)     | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura del tubo a la chapa de testa | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                  |                            |                |                                       | 410.0                      | 0.85      |

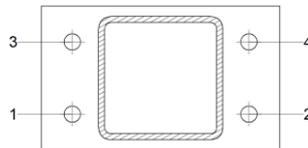
2) Tubo B SHS 120x6.0

| Componente     | Comprobación   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------|----------------|----------|--------|------------|------------|
| Pieza          | Tracción       | kN       | 27.60  | 207.43     | 13.31      |
| Chapa de testa | Espesor mínimo | mm       | 12.00  | 6.92       | 57.69      |
|                | Espesor máximo | mm       | 12.00  | 4.06       | 0.00       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas             |   |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            |                                     |                |
|--|---|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                                   | Tipo  |                                     |                                      |                            | Preparación de bordes (mm) |                                     |            | l (mm)                              |                |
| Soldadura del tubo a la chapa de testa | A tope en bisel simple  |                                     |                                      |                            | 6                          |                                     |            | 422                                 |                |
| <i>l: Longitud efectiva</i>            |   |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia            |   |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            |                                     |                |
| Ref.                                   | Tensión de Von Mises  |                                     |                                      |                            |                            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )   | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)                 | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del tubo a la chapa de testa | La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir. |                                     |                                      |                            |                            |                                     |            | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x50-8.8 | 18.0                | 35                  | 30                  | 70                  | --                  | 30.0   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x50-8.8 | 18.0                | 35                  | 30                  | 70                  | --                  | 30.0   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x50-8.8 | 18.0                | 35                  | 30                  | 70                  | --                  | 30.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x50-8.8 | 18.0                | 35                  | 30                  | 70                  | --                  | 30.0   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 0.034       | 50.240          | 0.07       | Vástago       | 22.411      | 90.432          | 24.78      | 17.77                           | 24.78           |
|             | Aplastamiento       | 0.034       | 102.044         | 0.03       | Punzonamiento | 22.411      | 188.262         | 11.90      |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 0.034       | 50.240          | 0.07       | Vástago       | 22.411      | 90.432          | 24.78      | 17.77                           | 24.78           |
|             | Aplastamiento       | 0.034       | 102.044         | 0.03       | Punzonamiento | 22.411      | 188.262         | 11.90      |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 0.069       | 50.240          | 0.14       | Vástago       | 14.762      | 90.432          | 16.32      | 11.73                           | 16.32           |
|             | Aplastamiento       | 0.069       | 157.440         | 0.04       | Punzonamiento | 14.762      | 188.262         | 7.84       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 0.069       | 50.240          | 0.14       | Vástago       | 14.762      | 90.432          | 16.32      | 11.73                           | 16.32           |
|             | Aplastamiento       | 0.069       | 157.440         | 0.04       | Punzonamiento | 14.762      | 188.262         | 7.84       |                                 |                 |

d) Medición

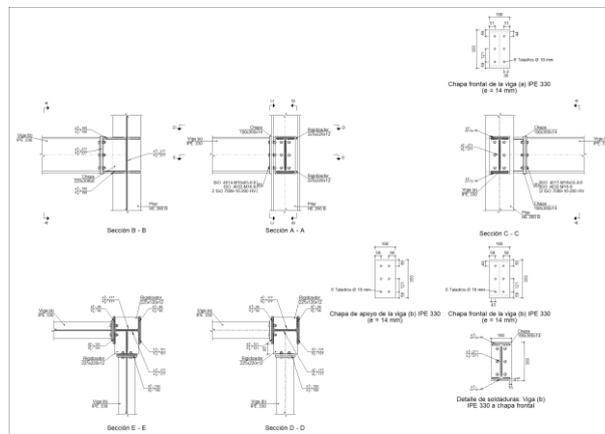
| Soldaduras           |           |                        |                          |                           |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo                   | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | A tope en bisel simple | 6                        | 843                       |

| Chapas   |        |          |                  |           |
|----------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Chapas | 2        | 230x140x12       | 6.07      |
|          | Total  |          |                  | 6.07      |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 4        | ISO 4017-M16x50 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 4        | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 8        | ISO 7089-16     |

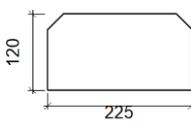
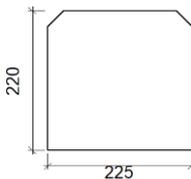
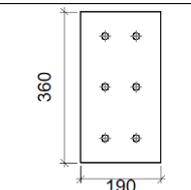
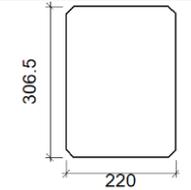
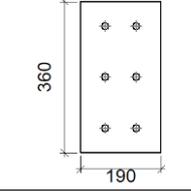
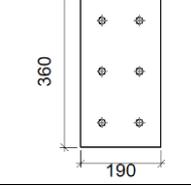
1.1.1.28.- Tipo 100

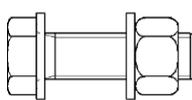
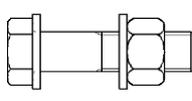
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Pieza | Descripción | Perfiles |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|-------|-------------|----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
|       |             | Esquema  | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar | HE 260 B    |          | 260              | 260                | 17.5                 | 10                    | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga  | IPE 330     |          | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                                |    | 225        | 120        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador                                |    | 225        | 220        | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330 |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330 |   | 220        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 B

| Comprobaciones de resistencia     |                                |                   |        |            |            |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 34.77      |
|                                   | Cortante                       | kN                | 44.01  | 449.78     | 9.78       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 14.16  | 261.90     | 5.41       |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 18.33  | 261.90     | 7.00       |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 42.31  | 261.90     | 16.16      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 42.07  | 261.90     | 16.06      |
| Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (b) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 56.40  | 229.84     | 24.54      |
|                                   | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 41.36  | 261.90     | 15.79      |
| Ala                               | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 40.01  | 261.90     | 15.28      |
|                                   | Tracción por flexión           | kN                | 38.54  | 180.86     | 21.31      |
| Viga (a) IPE 330                  | Ala                            | kN                | 8.48   | 274.49     | 3.09       |
|                                   | Alma                           | kN                | 21.59  | 155.85     | 13.85      |
| Viga (b) IPE 330                  | Rigidizadores                  | kN                | 11.31  | 251.43     | 4.50       |
|                                   | Chapa de apoyo                 | kN                | 42.64  | 180.86     | 23.57      |
|                                   | Chapa vertical                 | kN                | 20.02  | 156.16     | 12.82      |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 96     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 101    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 177    | 10.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 190    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 190    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                           |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 10.0                                | 10.0                                | 0.1                                  | 20.0                       | 5.19       | 10.0                                | 3.05       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 8.2                                  | 14.2                       | 3.69       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | 13.0                                | 13.0                                | 0.0                                  | 25.9                       | 6.72       | 13.0                                | 3.95       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.2                                 | 19.3                       | 5.01       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 11.0                                | 11.0                                | 22.7                                 | 45.1                       | 11.68      | 11.0                                | 3.35       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.0                                  | 15.6                       | 4.03       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | 18.7                                | 18.7                                | 0.0                                  | 37.3                       | 9.67       | 18.7                                | 5.69       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | 3.3                                 | 3.3                                 | 24.1                                 | 42.3                       | 10.97      | 15.4                                | 4.69       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 14.6                                 | 25.3                       | 6.55       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | 18.4                                | 18.4                                | 0.0                                  | 36.7                       | 9.52       | 18.4                                | 5.60       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 4.6  | 8.0                           | 2.08          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 4.6  | 8.0                           | 2.08          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 36.3                                       | 62.8                          | 16.27         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 37.1                                       | 64.3                          | 16.66         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 38.54  | 180.86     | 21.31      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 44.66  | 481.90     | 9.27       |
|                               | Tracción             | kN       | 11.24  | 240.95     | 4.66       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 16.07  | 169.65     | 9.47       |

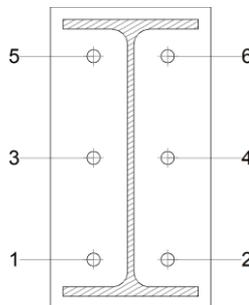
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 17.3                                     | 17.3                                   | 0.0  | 34.5                          | 8.95          | 17.3                                     | 5.26          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 27.3                                     | 27.3                                   | 5.2  | 55.3                          | 14.34         | 27.3                                     | 8.32          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 23.4                                     | 23.4                                   | 0.0  | 46.8                          | 12.12         | 23.4                                     | 7.13          | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos



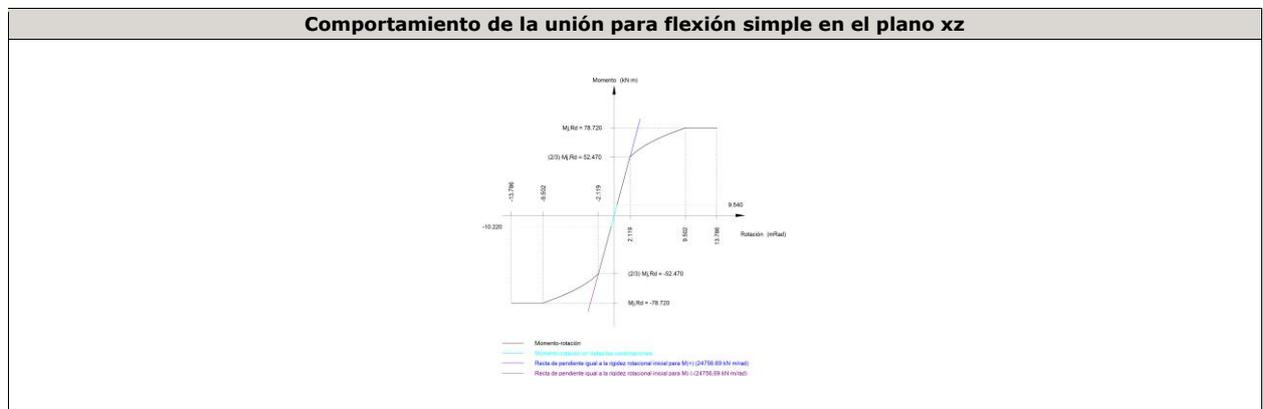
| Disposición |                     |               |               |               |               |               |             |  |
|-------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| Tornillo    | Denominación        | $d_0$<br>(mm) | $e_1$<br>(mm) | $e_2$<br>(mm) | $p_1$<br>(mm) | $p_2$<br>(mm) | $m$<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 51            | 121           | 88            | 32.3        |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 51            | 121           | 88            | 32.3        |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 51            | 121           | 88            | 39.0        |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0          | --            | 51            | 121           | 88            | 39.0        |  |

| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 51                  | 121                 | 88                  | 32.3   |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 51                  | 121                 | 88                  | 32.3   |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 7.592       | 64.340          | 11.80      | Vástago       | 18.919      | 90.432          | 20.92      | 17.89   | 20.92           |
|             | Aplastamiento       | 7.592       | 183.671         | 4.13       | Punzonamiento | 18.919      | 219.639         | 8.61       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 14.463      | 64.340          | 22.48      | Vástago       | 19.270      | 90.432          | 21.31      | 22.48   | 22.48           |
|             | Aplastamiento       | 14.463      | 183.680         | 7.87       | Punzonamiento | 19.270      | 219.639         | 8.77       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 2.432       | 64.340          | 3.78       | Vástago       | 13.327      | 90.432          | 14.74      | 13.47   | 14.74           |
|             | Aplastamiento       | 2.432       | 183.663         | 1.32       | Punzonamiento | 13.327      | 219.639         | 6.07       |   |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.369       | 64.340          | 8.35       | Vástago       | 13.852      | 90.432          | 15.32      | 13.83   | 15.32           |
|             | Aplastamiento       | 5.369       | 183.680         | 2.92       | Punzonamiento | 13.852      | 219.639         | 6.31       |   |                 |
| 5           | Sección transversal | 1.904       | 64.340          | 2.96       | Vástago       | 14.068      | 90.432          | 15.56      | 13.61   | 15.56           |
|             | Aplastamiento       | 1.904       | 183.680         | 1.04       | Punzonamiento | 14.068      | 219.639         | 6.41       |   |                 |
| 6           | Sección transversal | 3.663       | 64.340          | 5.69       | Vástago       | 14.221      | 90.432          | 15.73      | 13.75   | 15.73           |
|             | Aplastamiento       | 3.663       | 183.680         | 1.99       | Punzonamiento | 14.221      | 219.639         | 6.47       |   |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 12243.89            | 24756.69            |
| Calculada para momentos negativos | 12243.89            | 24756.69            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.39   | 1.80       | 77.40      |
| Momento resistente         | kNm      | 10.22  | 78.72      | 12.98      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 29.936 | 667        | 4.49       |

3) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 42.64  | 180.86     | 23.57      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 61.62  | 481.90     | 12.79      |
|                               | Tracción             | kN       | 11.29  | 240.95     | 4.69       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 20.05  | 149.26     | 13.43      |

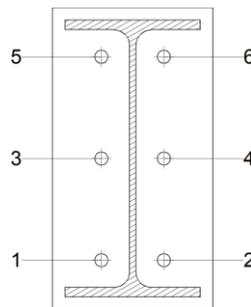
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 24.9                                | 24.9                                | 0.0                                  | 49.9                       | 12.92      | 24.9                                | 7.60       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 31.5                                | 31.5                                | 4.1                                  | 63.4                       | 16.42      | 31.5                                | 9.60       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 25.9                                | 25.9                                | 0.0                                  | 51.8                       | 13.41      | 25.9                                | 7.89       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



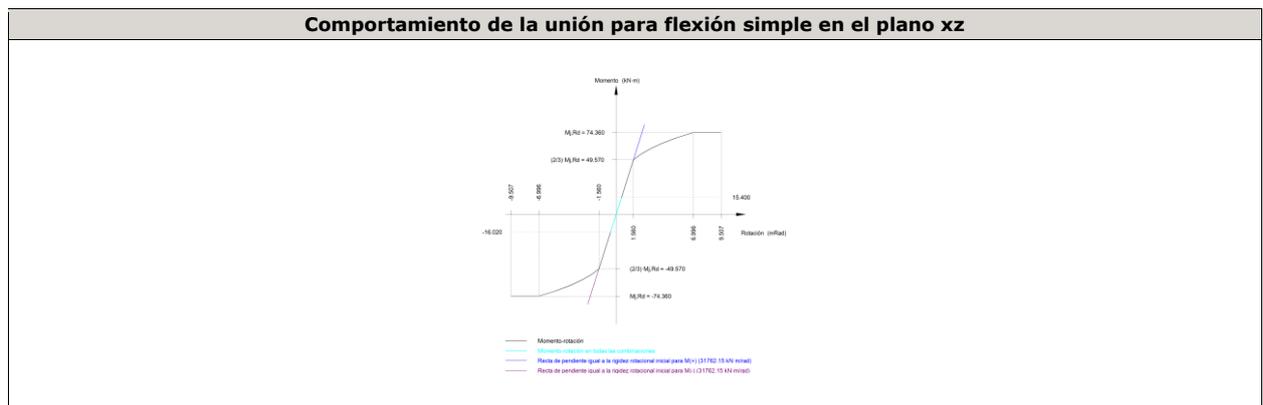
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 74                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 1.712       | 50.240          | 3.41       | Vástago       | 21.319      | 90.432          | 23.57      | 19.83                           | 23.57           |
|             | Aplastamiento       | 1.712       | 183.680         | 0.93       | Punzonamiento | 21.319      | 219.639         | 9.71       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 1.712       | 50.240          | 3.41       | Vástago       | 21.221      | 90.432          | 23.47      | 19.73                           | 23.47           |
|             | Aplastamiento       | 1.712       | 183.680         | 0.93       | Punzonamiento | 21.221      | 219.639         | 9.66       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 1.712       | 50.240          | 3.41       | Vástago       | 13.780      | 90.432          | 15.24      | 13.90                           | 15.24           |
|             | Aplastamiento       | 1.712       | 183.680         | 0.93       | Punzonamiento | 13.780      | 219.639         | 6.27       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 1.712       | 50.240          | 3.41       | Vástago       | 13.660      | 90.432          | 15.11      | 13.89                           | 15.11           |
|             | Aplastamiento       | 1.712       | 183.680         | 0.93       | Punzonamiento | 13.660      | 219.639         | 6.22       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 1.712       | 50.240          | 3.41       | Vástago       | 20.208      | 90.432          | 22.35      | 19.27                           | 22.35           |
|             | Aplastamiento       | 1.712       | 183.680         | 0.93       | Punzonamiento | 20.208      | 219.639         | 9.20       |                                 |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 6           | Sección transversal | 1.712       | 50.240          | 3.41       | Vástago       | 20.533      | 90.432          | 22.71      | 19.55                           | 22.71           |
|             | Aplastamiento       | 1.712       | 183.680         | 0.93       | Punzonamiento | 20.533      | 219.639         | 9.35       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11559.20            | 31762.15            |
| Calculada para momentos negativos | 11559.20            | 31762.15            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 16.02  | 74.36      | 21.54      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 53.051 | 667        | 7.96       |

d) Medición

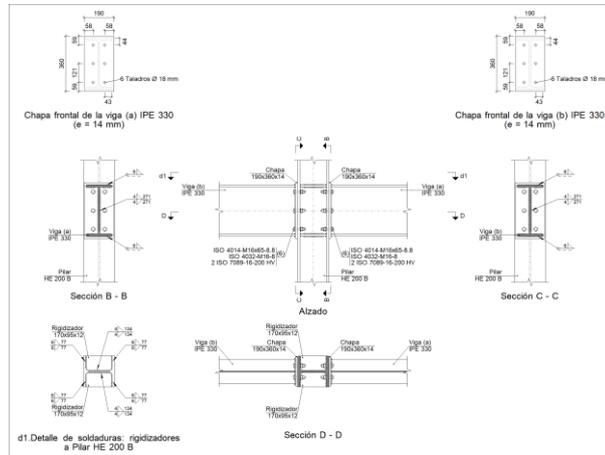
| Soldaduras           |           |           |                          |                           |
|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0                | En taller | En ángulo | 4                        | 4366                      |
|                      |           |           | 6                        | 3534                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 225x120x12       | 5.09      |
|          |               | 2        | 225x220x12       | 9.33      |
|          | Chapas        | 1        | 220x306x8        | 4.23      |
|          |               | 3        | 190x360x14       | 22.55     |
|          | Total         |          |                  |           |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 6        | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

1.1.1.29.- Tipo 101

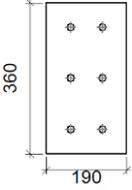
a) Detalle

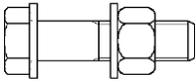


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |           | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios       |           |            |            |              |          |               |      |             |             |
|---------------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|------|-------------|-------------|
| Pieza                           | Geometría |            |            |              |          | Taladros      |      | Acero       |             |
|                                 | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                     |           | 170        | 95         | 12           | -        | -             | S275 | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330 |           | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275 | 275.0       | 410.0       |

| Elementos complementarios       |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|---------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                           | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                                 | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330 |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Clase | Acero       |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) |       | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                      |        |            |            |       |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------|------------|------------|-------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades             | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |       |
| Panel                         | Esbeltez             | --                   | --     | --         | 29.19      |       |
|                               | Cortante             | kN                   | 97.30  | 404.80     | 24.04      |       |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 27.73  | 261.90     | 10.59      |       |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 27.66  | 261.90     | 10.56      |       |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 24.01  | 261.90     | 9.17       |       |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup>    | 28.16  | 261.90     | 10.75      |       |
| Ala                           | Cortante             | N/mm <sup>2</sup>    | 37.33  | 261.90     | 14.25      |       |
| Viga (a) IPE 330              | Ala                  | Tracción por flexión | kN     | 47.72      | 180.86     | 26.38 |
|                               |                      | Tracción             | kN     | 10.13      | 255.10     | 3.97  |
| Viga (b) IPE 330              | Alma                 | Tracción             | kN     | 27.46      | 135.37     | 20.28 |
|                               | Ala                  | Tracción por flexión | kN     | 47.79      | 180.86     | 26.42 |
|                               |                      | Tracción             | kN     | 10.14      | 255.10     | 3.98  |
|                               | Alma                 | Tracción             | kN     | 27.50      | 135.37     | 20.31 |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                    |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                   |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|---|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|   | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 19.6                                     | 19.6                                   | 0.0  | 39.3                          | 10.17         | 19.6                                     | 5.98          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 0.0                                      | 0.0                                    | 20.7                                       | 35.8                          | 9.27          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 19.6                                     | 19.6                                   | 0.1  | 39.1                          | 10.14         | 19.6                                     | 5.96          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 0.0                                      | 0.0                                    | 20.1                                       | 34.8                          | 9.01          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 15.9                                     | 15.9                                   | 0.1  | 31.8                          | 8.23          | 15.9                                     | 4.84          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 0.0                                      | 0.0                                    | 20.8                                       | 36.0                          | 9.33          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 19.9                                     | 19.9                                   | 0.1  | 39.8                          | 10.32         | 19.9                                     | 6.07          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 0.0                                      | 0.0                                    | 20.1                                       | 34.8                          | 9.02          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

2) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 47.72  | 180.86     | 26.38      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 70.17  | 481.90     | 14.56      |
|                               | Tracción             | kN       | 12.74  | 240.95     | 5.29       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 22.23  | 150.96     | 14.73      |

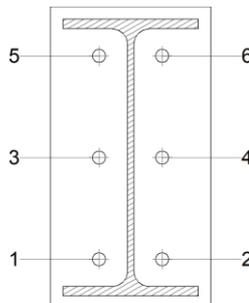
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 271       | 7.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6         | 160       | 11.5      | 90.00              |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 29.0                                     | 29.0                                   | 0.1  | 57.9                          | 15.02         | 29.0                                     | 8.83          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 34.8                                     | 34.8                                   | 17.2                                       | 75.7                          | 19.63         | 34.8                                     | 10.61         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 25.8                                     | 25.8                                   | 0.0  | 51.7                          | 13.39         | 25.8                                     | 7.88          | 410.0                         | 0.85      |

Comprobaciones para los tornillos

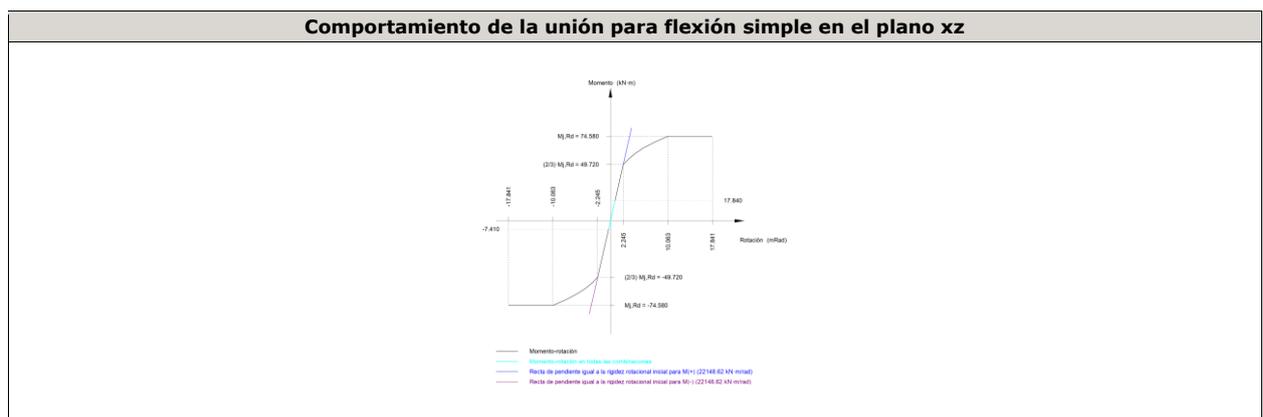


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |  |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 32.3      |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 32.3      |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 33.0      |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 33.0      |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 32.3      |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 75                     | 32.3      |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 6.888       | 64.340          | 10.71      | Vástago       | 12.826      | 90.432          | 14.18      | 11.49                           | 14.18           |
|             | Aplastamiento       | 6.888       | 183.680         | 3.75       | Punzonamiento | 12.826      | 219.639         | 5.84       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 12.552      | 64.340          | 19.51      | Vástago       | 12.043      | 90.432          | 13.32      | 19.51                           | 19.51           |
|             | Aplastamiento       | 12.552      | 183.680         | 6.83       | Punzonamiento | 12.043      | 219.639         | 5.48       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.329       | 64.340          | 9.84       | Vástago       | 15.666      | 90.432          | 17.32      | 22.04                           | 22.04           |
|             | Aplastamiento       | 6.329       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 15.666      | 219.639         | 7.13       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.338       | 64.340          | 9.85       | Vástago       | 15.099      | 90.432          | 16.70      | 21.60                           | 21.60           |
|             | Aplastamiento       | 6.338       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 15.099      | 219.639         | 6.87       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 6.329       | 64.340          | 9.84       | Vástago       | 23.863      | 90.432          | 26.39      | 28.51                           | 28.51           |
|             | Aplastamiento       | 6.329       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 23.863      | 219.639         | 10.86      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.338       | 64.340          | 9.85       | Vástago       | 23.402      | 90.432          | 25.88      | 28.16                           | 28.16           |
|             | Aplastamiento       | 6.338       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 23.402      | 219.639         | 10.65      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11153.24               | 22148.62               |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24               | 22148.62               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 17.84  | 74.58      | 23.92      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 45.136 | 667        | 6.77       |

3) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |              |          |        |            |            |
|-------------------------------|--------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |

|               |                      |    |       |        |       |
|---------------|----------------------|----|-------|--------|-------|
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN | 47.79 | 180.86 | 26.42 |
| Ala           | Compresión           | kN | 70.29 | 481.90 | 14.59 |
|               | Tracción             | kN | 12.76 | 240.95 | 5.30  |
| Alma          | Tracción             | kN | 22.27 | 150.96 | 14.75 |

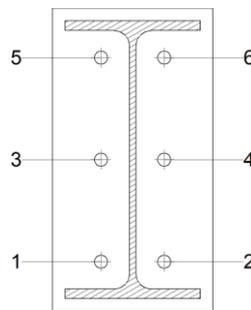
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |  |  |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|--|--|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |  |  |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |  |  |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |  |  |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 29.0                                | 29.0                                | 0.1                                  | 58.0                       | 15.04      | 29.0                                | 8.84       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 34.9                                | 34.9                                | 17.2                                 | 75.9                       | 19.66      | 34.9                                | 10.63      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 25.9                                | 25.9                                | 0.0                                  | 51.8                       | 13.42      | 25.9                                | 7.89       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos



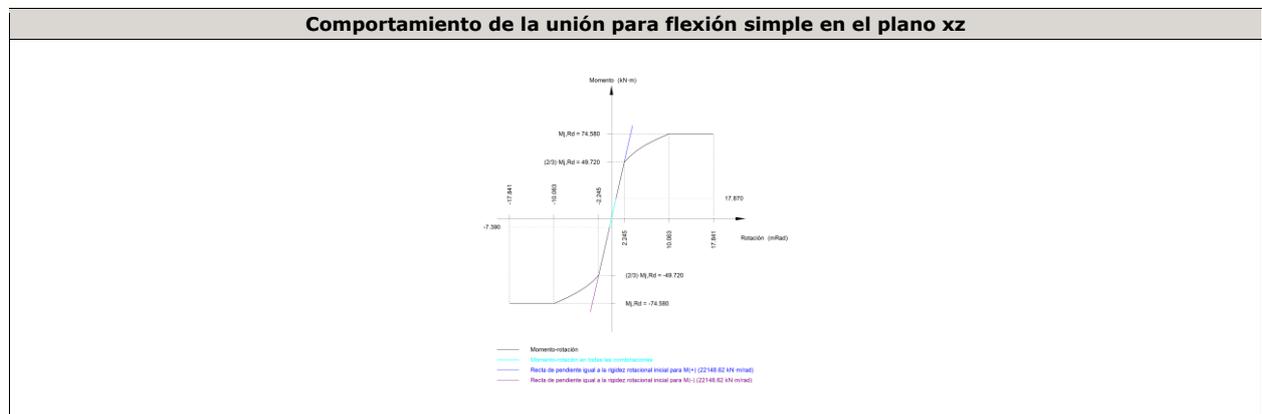
| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |   |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante<br>Aprov. (%) | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |   |                 |
| 1           | Sección transversal | 12.599      | 64.340          | 19.58      | Vástago       | 12.037      | 90.432          | 13.31      | 19.58   | 19.58           |
|             | Aplastamiento       | 12.599      | 183.680         | 6.86       | Punzonamiento | 12.037      | 219.639         | 5.48       |   |                 |
| 2           | Sección transversal | 6.891       | 64.340          | 10.71      | Vástago       | 12.832      | 90.432          | 14.19      | 11.49   | 14.19           |
|             | Aplastamiento       | 6.891       | 183.680         | 3.75       | Punzonamiento | 12.832      | 219.639         | 5.84       |   |                 |
| 3           | Sección transversal | 6.340       | 64.340          | 9.85       | Vástago       | 15.120      | 90.432          | 16.72      | 21.62   | 21.62           |
|             | Aplastamiento       | 6.340       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 15.120      | 219.639         | 6.88       |   |                 |

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 4           | Sección transversal | 6.331       | 64.340          | 9.84       | Vástago       | 15.688      | 90.432          | 17.35      | 22.06                           | 22.06           |
|             | Aplastamiento       | 6.331       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 15.688      | 219.639         | 7.14       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 6.340       | 64.340          | 9.85       | Vástago       | 23.437      | 90.432          | 25.92      | 28.19                           | 28.19           |
|             | Aplastamiento       | 6.340       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 23.437      | 219.639         | 10.67      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 6.331       | 64.340          | 9.84       | Vástago       | 23.900      | 90.432          | 26.43      | 28.54                           | 28.54           |
|             | Aplastamiento       | 6.331       | 183.680         | 3.45       | Punzonamiento | 23.900      | 219.639         | 10.88      |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11153.24            | 22148.62            |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24            | 22148.62            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 17.87  | 74.58      | 23.96      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 45.174 | 667        | 6.78       |

d) Medición

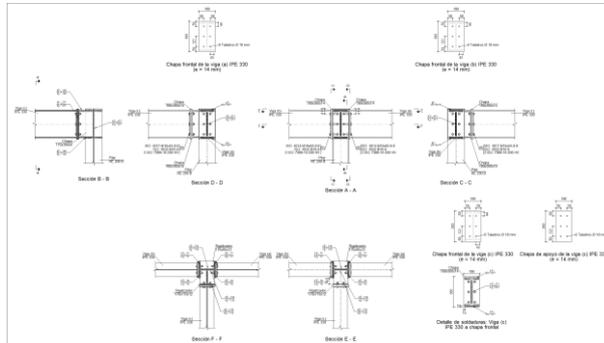
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 2156                      |
|             |           |           | 6                        | 2430                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x95x12        | 6.09      |
|          | Chapas        | 2        | 190x360x14       | 15.03     |
|          |               |          |                  | Total     |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4014-M16x65 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 12       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 24       | ISO 7089-16     |

1.1.1.30.- Tipo 103

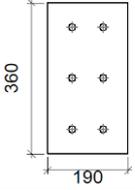
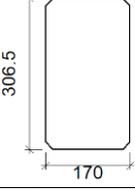
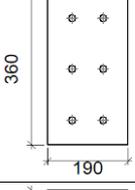
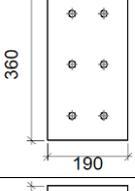
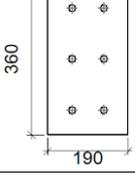
a) Detalle

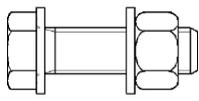
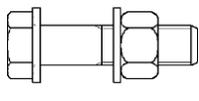


b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |           |                  |                    |                      |                       |       |                      |                      |
|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|----------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría |                  |                    |                      |                       | Acero |                      |                      |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Pilar    | HE 200 B    |           | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 275.0                | 410.0                |
| Viga     | IPE 330     |           | 330              | 160                | 11.5                 | 7.5                   | S275  | 275.0                | 410.0                |

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |               |      |                      |                      |  |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|---------------|------|----------------------|----------------------|--|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              |          | Taladros      |      | Acero                |                      |  |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |  |
| Rigidizador               |           | 170        | 95         | 12           | -        | -             | S275 | 275.0                | 410.0                |  |
| Rigidizador               |           | 170        | 170        | 12           | -        | -             | S275 | 275.0                | 410.0                |  |

| Elementos complementarios                  |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|--|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                                      | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 330 |    | 170        | 306.5      | 8            | -        | -             | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (c) IPE 330            |    | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (b) IPE 330            |   | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |
| Chapa frontal: Viga (a) IPE 330            |  | 190        | 360        | 14           | 6        | 18            | S275  | 275.0       | 410.0       |

| Elementos de tornillería                                      |   |          |               |       |             |             |
|---|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| ISO 4017-M16x55-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 55            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |
| ISO 4014-M16x65-8.8<br>ISO 4032-M16-8<br>2 ISO 7089-16-200 HV |  | M16      | 65            | 8.8   | 640.0       | 800.0       |

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

**Comprobaciones de resistencia**

| Componente                        | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Panel                             | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 29.19      |
|                                   | Cortante                       | kN                | 193.94 | 404.80     | 47.91      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 43.23  | 261.90     | 16.50      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 48.76  | 261.90     | 18.62      |
| Rigidizador superior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 54.66  | 261.90     | 20.87      |
| Rigidizador inferior              | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 47.77  | 261.90     | 18.24      |
| Chapa frontal [Viga (c) IPE 330]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                   | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (c) IPE 330] | Cortante                       | kN                | 33.77  | 169.36     | 19.94      |
|                                   | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 94.22  | 261.90     | 35.97      |
| Ala                               | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 62.96  | 261.90     | 24.04      |
|                                   | Tracción por flexión           | kN                | 36.27  | 180.86     | 20.05      |
| Viga (b) IPE 330                  | Tracción                       | kN                | 7.70   | 255.10     | 3.02       |
|                                   | Tracción                       | kN                | 24.54  | 151.88     | 16.16      |
| Viga (a) IPE 330                  | Tracción por flexión           | kN                | 66.27  | 180.86     | 36.64      |
|                                   | Tracción                       | kN                | 14.06  | 255.10     | 5.51       |
| Alma                              | Tracción                       | kN                | 38.14  | 135.37     | 28.17      |
|                                   | Tracción                       | kN                | 4.89   | 251.43     | 1.94       |
| Viga (c) IPE 330                  | Chapa de apoyo                 | kN                | 18.47  | 180.86     | 10.21      |
|                                   | Chapa vertical                 | kN                | 11.84  | 206.67     | 5.73       |

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 77     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 6      | 78     | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 6      | 190    | 12.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 277    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 140    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                            |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 21.4                                | 21.4                                | 3.6                                  | 43.3                       | 11.22      | 21.4                                | 6.53       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 37.4                                 | 64.8                       | 16.80      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 32.8                                | 32.8                                | 1.8                                  | 65.6                       | 17.01      | 32.8                                | 9.99       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 42.2                                 | 73.1                       | 18.95      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | 29.5                                | 29.5                                | 19.0                                 | 67.6                       | 17.51      | 29.5                                | 8.99       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 47.3                                 | 82.0                       | 21.25      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | 7.7                                 | 7.7                                 | 0.1                                  | 15.4                       | 4.00       | 7.7                                 | 2.35       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | 23.2                                | 23.2                                | 20.1                                 | 58.0                       | 15.03      | 23.2                                | 7.08       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                 | 0.0                                 | 37.7                                 | 65.2                       | 16.91      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 8.2                                 | 8.2                                 | 0.0                                  | 16.5                       | 4.27       | 8.2                                 | 2.51       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.7                                  | 16.9                       | 4.37       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.7                                  | 16.9                       | 4.37       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                 | 0.0                                 | 30.2                                 | 52.2                       | 13.54      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                 | 0.0                                 | 11.5                                 | 20.0                       | 5.18       | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

2) Viga (b) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 36.27  | 180.86     | 20.05      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 52.57  | 481.90     | 10.91      |
|                               | Tracción             | kN       | 9.69   | 240.95     | 4.02       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 24.54  | 200.78     | 12.22      |

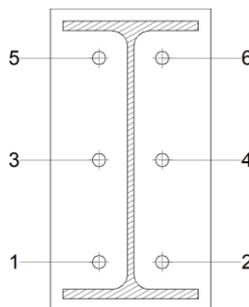
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 20.8                                | 20.8                                | 0.5                                  | 41.6                       | 10.77      | 20.8                                | 6.33       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 26.5                                | 26.5                                | 0.4                                  | 52.9                       | 13.72      | 26.5                                | 8.07       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 22.0                                | 22.0                                | 0.0                                  | 44.0                       | 11.41      | 22.0                                | 6.71       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

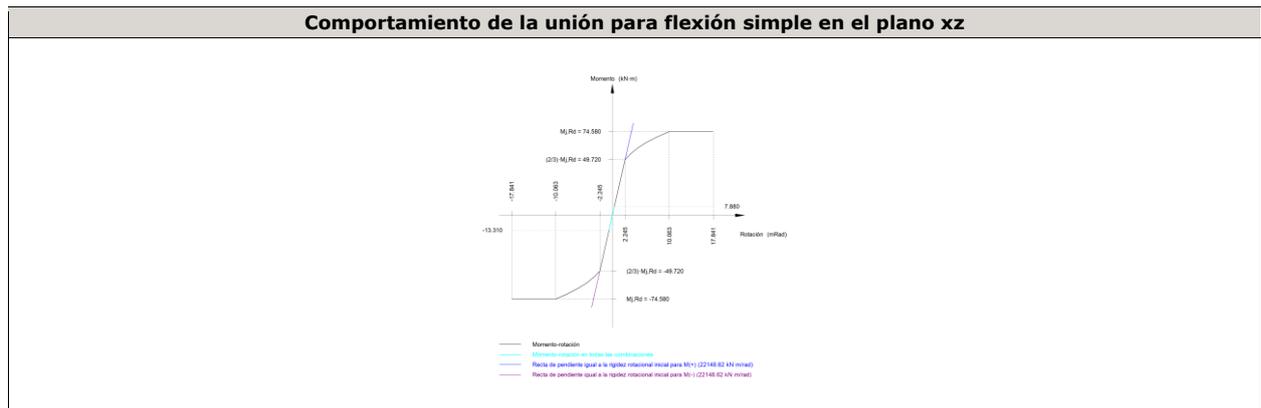


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 30.411      | 64.340          | 47.27      | Vástago       | 18.140      | 90.432          | 20.06      | 47.27                           | 47.27           |
|             | Aplastamiento       | 30.411      | 183.680         | 16.56      | Punzonamiento | 18.140      | 219.639         | 8.26       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 13.554      | 64.340          | 21.07      | Vástago       | 18.096      | 90.432          | 20.01      | 21.07                           | 21.07           |
|             | Aplastamiento       | 13.554      | 183.680         | 7.38       | Punzonamiento | 18.096      | 219.639         | 8.24       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 8.473       | 64.340          | 13.17      | Vástago       | 11.808      | 90.432          | 13.06      | 13.17                           | 13.17           |
|             | Aplastamiento       | 8.473       | 183.680         | 4.61       | Punzonamiento | 11.808      | 219.639         | 5.38       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.744       | 64.340          | 8.93       | Vástago       | 15.059      | 90.432          | 16.65      | 14.12                           | 16.65           |
|             | Aplastamiento       | 5.744       | 183.680         | 3.13       | Punzonamiento | 15.059      | 219.639         | 6.86       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 25.970      | 64.340          | 40.36      | Vástago       | 11.390      | 90.432          | 12.60      | 40.36                           | 40.36           |
|             | Aplastamiento       | 25.970      | 183.680         | 14.14      | Punzonamiento | 11.390      | 219.639         | 5.19       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 14.112      | 64.340          | 21.93      | Vástago       | 15.614      | 90.432          | 17.27      | 21.93                           | 21.93           |
|             | Aplastamiento       | 14.112      | 183.680         | 7.68       | Punzonamiento | 15.614      | 219.639         | 7.11       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11153.24            | 22148.62            |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24            | 22148.62            |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 13.31  | 74.58      | 17.85      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 33.656 | 667        | 5.05       |

3) Viga (a) IPE 330

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 66.27  | 180.86     | 36.64      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 106.91 | 481.90     | 22.19      |
|                               | Tracción             | kN       | 17.68  | 240.95     | 7.34       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 30.88  | 150.96     | 20.46      |

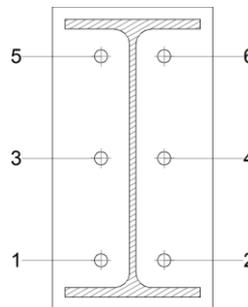
Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 40.2                                | 40.2                                | 0.5                                  | 80.5                       | 20.85      | 40.2                                | 12.26      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 48.3                                | 48.3                                | 15.4                                 | 100.3                      | 25.99      | 48.3                                | 14.74      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 44.4                                | 44.4                                | 0.5                                  | 88.8                       | 23.00      | 44.4                                | 13.53      | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

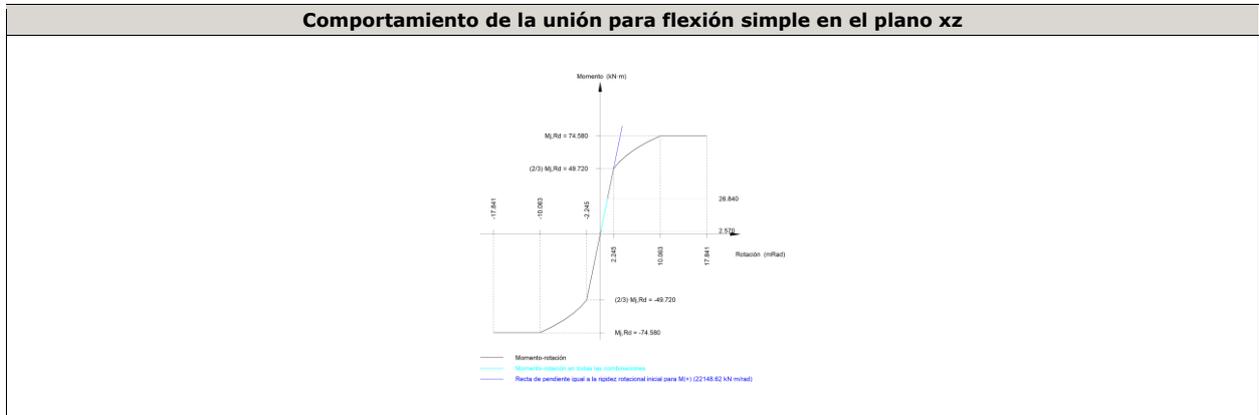


| Disposición |                     |                     |                     |                     |                     |                     |        |  |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub> (mm) | e <sub>1</sub> (mm) | e <sub>2</sub> (mm) | p <sub>1</sub> (mm) | p <sub>2</sub> (mm) | m (mm) |  |
| 1           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 2           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 3           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 4           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 33.0   |  |
| 5           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |
| 6           | ISO 4014-M16x65-8.8 | 18.0                | --                  | 58                  | 121                 | 75                  | 32.3   |  |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                 |                 |
| 1           | Sección transversal | 5.552       | 64.340          | 8.63       | Vástago       | 7.252       | 90.432          | 8.02       | 10.50                           | 10.50           |
|             | Aplastamiento       | 5.552       | 183.680         | 3.02       | Punzonamiento | 7.252       | 219.639         | 3.30       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 5.986       | 64.340          | 9.30       | Vástago       | 4.086       | 90.432          | 4.52       | 9.39                            | 9.39            |
|             | Aplastamiento       | 5.986       | 183.680         | 3.26       | Punzonamiento | 4.086       | 219.639         | 1.86       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 5.553       | 64.340          | 8.63       | Vástago       | 21.655      | 90.432          | 23.95      | 25.73                           | 25.73           |
|             | Aplastamiento       | 5.553       | 183.680         | 3.02       | Punzonamiento | 21.655      | 219.639         | 9.86       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 5.566       | 64.340          | 8.65       | Vástago       | 20.066      | 90.432          | 22.19      | 24.50                           | 24.50           |
|             | Aplastamiento       | 5.566       | 183.680         | 3.03       | Punzonamiento | 20.066      | 219.639         | 9.14       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.554       | 64.340          | 8.63       | Vástago       | 33.136      | 90.432          | 36.64      | 34.80                           | 36.64           |
|             | Aplastamiento       | 5.554       | 183.680         | 3.02       | Punzonamiento | 33.136      | 219.639         | 15.09      |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.567       | 64.340          | 8.65       | Vástago       | 31.842      | 90.432          | 35.21      | 33.80                           | 35.21           |
|             | Aplastamiento       | 5.567       | 183.680         | 3.03       | Punzonamiento | 31.842      | 219.639         | 14.50      |                                 |                 |

|                                   |                        |                        |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
| Calculada para momentos positivos | 11153.24               | 22148.62               |
| Calculada para momentos negativos | 11153.24               | 22148.62               |



|                            |          |        |            |            |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.02   | 1.80       | 56.87      |
| Momento resistente         | kNm      | 26.84  | 74.58      | 35.99      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 67.920 | 667        | 10.19      |

4) Viga (c) IPE 330

**Comprobaciones de resistencia**

|               |                      |          |        |            |            |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente    | Comprobación         | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal | Tracción por flexión | kN       | 18.47  | 180.86     | 10.21      |
| Ala           | Compresión           | kN       | 15.66  | 203.62     | 7.69       |
|               | Tracción             | kN       | 4.88   | 240.95     | 2.03       |
| Alma          | Tracción             | kN       | 11.84  | 197.38     | 6.00       |

Cordones de soldadura

**Comprobaciones geométricas**

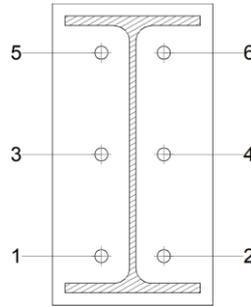
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4      | 271    | 7.5    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 6      | 160    | 11.5   | 90.00           |

a: Espesor garganta  
 l: Longitud efectiva  
 t: Espesor de piezas

**Comprobación de resistencia**

| Ref.                       | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
|                            | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior | 15.6                                | 15.6                                | 0.2                                  | 31.2                       | 8.09       | 15.6                                | 4.76       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma         | 13.6                                | 13.6                                | 9.9                                  | 32.2                       | 8.35       | 13.6                                | 4.16       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior | 15.2                                | 15.2                                | 0.2                                  | 30.5                       | 7.89       | 15.2                                | 4.64       | 410.0                               | 0.85           |

Comprobaciones para los tornillos

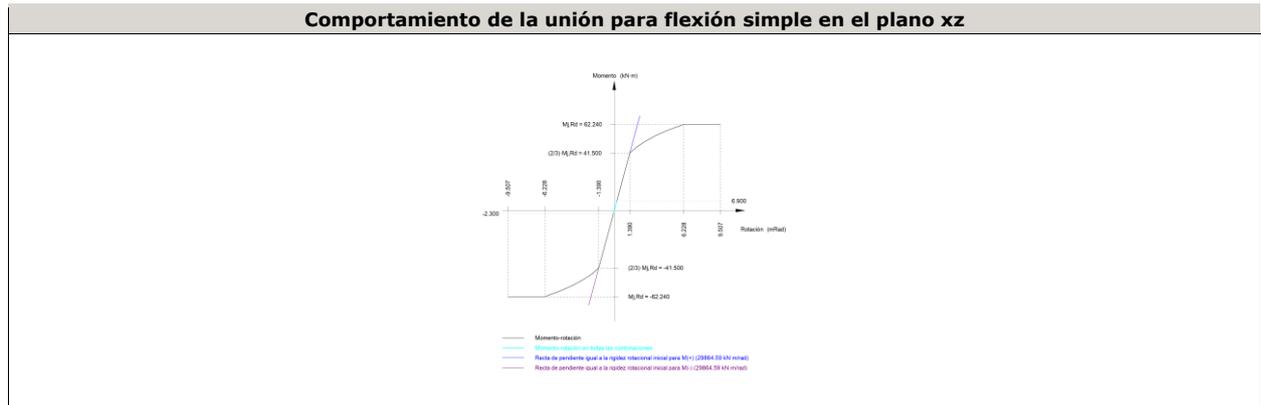


| Disposición |                     |                        |                        |                        |                        |                        |           |
|-------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Tornillo    | Denominación        | d <sub>0</sub><br>(mm) | e <sub>1</sub><br>(mm) | e <sub>2</sub><br>(mm) | p <sub>1</sub><br>(mm) | p <sub>2</sub><br>(mm) | m<br>(mm) |
| 1           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 2           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 3           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 4           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 33.0      |
| 5           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |
| 6           | ISO 4017-M16x55-8.8 | 18.0                   | --                     | 58                     | 121                    | 74                     | 32.3      |

--: La comprobación no procede.

| Resistencia |                     |             |                 |            |               |             |                 |            |                                 |                 |
|-------------|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| Tornillo    | Cortante            |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y cortante | Aprov. Máx. (%) |
|             | Comprobación        | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                      |                 |
| 1           | Sección transversal | 6.916       | 50.240          | 13.77      | Vástago       | 4.388       | 90.432          | 4.85       | 13.77                           | 13.77           |
|             | Aplastamiento       | 6.916       | 183.680         | 3.77       | Punzonamiento | 4.388       | 219.639         | 2.00       |                                 |                 |
| 2           | Sección transversal | 7.009       | 50.240          | 13.95      | Vástago       | 5.919       | 90.432          | 6.54       | 13.95                           | 13.95           |
|             | Aplastamiento       | 7.009       | 183.680         | 3.82       | Punzonamiento | 5.919       | 219.639         | 2.69       |                                 |                 |
| 3           | Sección transversal | 3.597       | 50.240          | 7.16       | Vástago       | 5.563       | 90.432          | 6.15       | 11.53                           | 11.53           |
|             | Aplastamiento       | 3.597       | 183.680         | 1.96       | Punzonamiento | 5.563       | 219.639         | 2.53       |                                 |                 |
| 4           | Sección transversal | 3.579       | 50.240          | 7.12       | Vástago       | 7.224       | 90.432          | 7.99       | 11.96                           | 11.96           |
|             | Aplastamiento       | 3.579       | 183.680         | 1.95       | Punzonamiento | 7.224       | 219.639         | 3.29       |                                 |                 |
| 5           | Sección transversal | 5.847       | 50.240          | 11.64      | Vástago       | 8.768       | 90.432          | 9.70       | 14.09                           | 14.09           |
|             | Aplastamiento       | 5.847       | 183.680         | 3.18       | Punzonamiento | 8.768       | 219.639         | 3.99       |                                 |                 |
| 6           | Sección transversal | 5.851       | 50.240          | 11.65      | Vástago       | 9.234       | 90.432          | 10.21      | 14.42                           | 14.42           |
|             | Aplastamiento       | 5.851       | 183.680         | 3.19       | Punzonamiento | 9.234       | 219.639         | 4.20       |                                 |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 11441.23               | 29864.59               |
| Calculada para momentos negativos | 11441.23               | 29864.59               |



| Comprobación               | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|----------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Relación entre modos 1 y 3 | --       | 1.78   | 1.80       | 99.07      |
| Momento resistente         | kNm      | 6.90   | 62.24      | 11.09      |
| Capacidad de rotación      | mRad     | 24.315 | 667        | 3.65       |

d) Medición

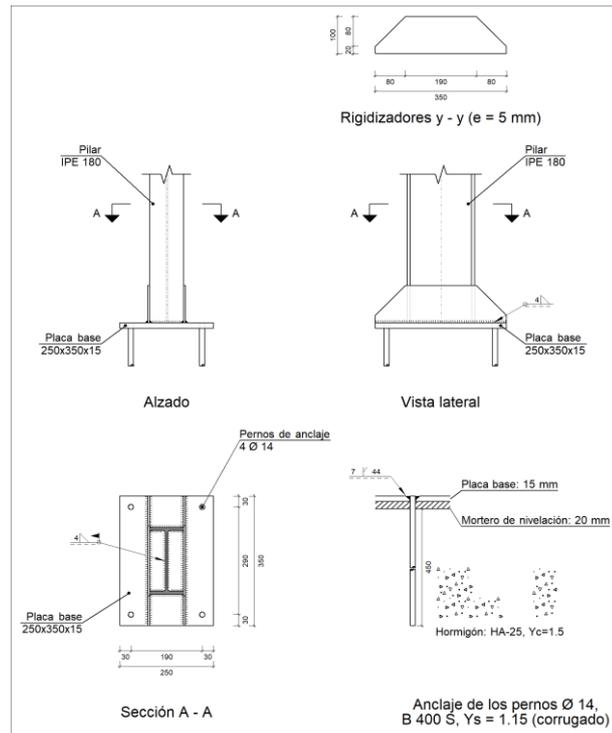
| Soldaduras  |           |           |                          |                           |
|-------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 410.0       | En taller | En ángulo | 4                        | 4364                      |
|             |           |           | 6                        | 3793                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |       |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|-------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |       |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x95x12        | 3.04      |       |
|          |               | 2        | 170x170x12       | 5.44      |       |
|          | Chapas        | 1        | 170x306x8        | 3.27      |       |
|          |               | 4        | 190x360x14       | 30.07     |       |
|          | Total         |          |                  |           | 41.83 |

| Elementos de tornillería |               |          |                 |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
| Tipo                     | Material      | Cantidad | Descripción     |
| Tornillos                | Clase 8.8     | 12       | ISO 4014-M16x65 |
|                          |               | 6        | ISO 4017-M16x55 |
| Tuercas                  | Clase 8       | 18       | ISO 4032-M16    |
| Arandelas                | Dureza 200 HV | 36       | ISO 7089-16     |

**1.1.1.31.- Tipo 105**

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |           |            |            |              |          |                        |                        |      |            |             |             |
|---------------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------|------------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |      | Bisel (mm) | Acero       |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Tipo |            | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base                |           | 250        | 350        | 15           | 4        | 28                     | 16                     | 7    | S275       | 275.0       | 410.0       |
| Rigidizador               |           | 350        | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -    | S275       | 275.0       | 410.0       |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 180

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |                            |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                             | 4                                   | 609                              | 5.3                        | 90.00           |                                       |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            | Tensión normal  |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.           |                                     |                                  |                            |                 |                                       | 410.0                      | 0.85      |

## 2) Placa de anclaje

| Referencia:   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores   | Estado                               |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 42 mm<br>Calculado: 190 mm  | Cumple                               |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 21 mm<br>Calculado: 30 mm   | Cumple                               |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y:  | Máximo: 50<br>Calculado: 45.5   | Cumple                               |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 45 cm   | Cumple                               |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br><br>- Cortante:<br><br>- Tracción + Cortante:  | Máximo: 53.85 kN<br>Calculado: 0.27 kN<br><br>Máximo: 37.7 kN<br>Calculado: 0.91 kN<br><br>Máximo: 53.85 kN<br>Calculado: 1.58 kN | Cumple<br><br>Cumple<br><br>Cumple   |
| Tracción en vástago de pernos:  | Máximo: 49.28 kN<br>Calculado: 0.27 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:  | Máximo: 380.952 MPa<br>Calculado: 10.6695 MPa   | Cumple                               |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>  | Máximo: 110 kN<br>Calculado: 0.85 kN  | Cumple                               |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo:  | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 26.5162 MPa<br>Calculado: 26.5162 MPa<br>Calculado: 11.4192 MPa<br>Calculado: 3.87474 MPa       | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i><br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:<br>- Abajo: | Mínimo: 250<br>Calculado: 4664.27<br>Calculado: 4664.27<br>Calculado: 96381.2<br>Calculado: 100000                                | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>   | Máximo: 261.905 MPa<br>Calculado: 0 MPa   | Cumple                               |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |                                      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                        |           |                               |           |           |                    |
|--|------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Ref.   | Tipo                   | a<br>(mm) | Preparación de bordes<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |
| Rigidizador y-y (x = -48): Soldadura a la placa base                         | En ángulo              | 4         | --                            | 350       | 5.0       | 90.00              |
| Rigidizador y-y (x = 48): Soldadura a la placa base                          | En ángulo              | 4         | --                            | 350       | 5.0       | 90.00              |
| Soldadura de los pernos a la placa base                                      | De penetración parcial | --        | 7                             | 44        | 14.0      | 90.00              |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                        |           |                               |           |           |                    |

| Comprobación de resistencia                          |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Rigidizador y-y (x = -48): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede.              |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |
| Rigidizador y-y (x = 48): Soldadura a la placa base  | La comprobación no procede.              |  |  |                               |               |  |               | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de los pernos a la placa base              | 0.0                                      | 0.0                                    | 1.2  | 2.1                           | 0.55          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

d) Medición

| Soldaduras     |                        |   |                             |                              |
|----------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 410.0          | En taller              | En ángulo                                       | 4                           | 1368                         |
|                |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 7                           | 176                          |
|                | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 4                           | 609                          |

| Placas de anclaje              |                        |          |                     |              |
|--------------------------------|------------------------|----------|---------------------|--------------|
| Material                       | Elementos              | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275                           | Placa base             | 1        | 250x350x15          | 10.30        |
|                                | Rigidizadores pasantes | 2        | 350/190x100/20x5    | 2.25         |
|                                | Total                  |          |                     | 12.55        |
| B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje      | 4        | Ø 14 - L = 499      | 2.41         |
|                                | Total                  |          |                     | 2.41         |

## 3.1.10.4 Cimentaciones

## Elementos de cimentación aislados

**- Descripción**

| Referencias   | Geometría  | Armado   |
|---|--|--|
| N283, N284, N285, N286 y N287   | Zapata cuadrada<br>Ancho: 305.0 cm<br>Canto: 100.0 cm  | Sup X: 13Ø16c/22<br>Sup Y: 13Ø16c/22<br>Inf X: 13Ø16c/22<br>Inf Y: 13Ø16c/22 |
| (N414 - N538), (N415 - N539), (N416 - N540), (N418 - N542), (N417 - N541), (N419 - N543), (N462 - N544), (N450 - N519), (N396 - N518), (N452 - N517), (N454 - N516), (N398 - N513), (N456 - N515) y (N458 - N514) | Zapata cuadrada<br>Ancho: 280.0 cm<br>Canto: 60.0 cm   | Sup X: 14Ø12c/20<br>Sup Y: 14Ø12c/20<br>Inf X: 14Ø12c/20<br>Inf Y: 14Ø12c/20 |
| (N216 - N530), (N186 - N531), (N156 - N532), (N96 - N534), (N66 - N535), (N36 - N536), (N218 - N527), (N188 - N526), (N158 - N525), (N128 - N524), (N98 - N523), (N68 - N521), (N38 - N522) y (N126 - N533)       | Zapata cuadrada<br>Ancho: 370.0 cm<br>Canto: 85.0 cm   | Sup X: 14Ø16c/26<br>Sup Y: 14Ø16c/26<br>Inf X: 14Ø16c/26<br>Inf Y: 14Ø16c/26 |
| N300, N301, N302, N303 y N304   | Zapata cuadrada<br>Ancho: 365.0 cm<br>Canto: 100.0 cm  | Sup X: 16Ø16c/22<br>Sup Y: 16Ø16c/22<br>Inf X: 16Ø16c/22<br>Inf Y: 16Ø16c/22 |
| N402, N403, N404, N405 y N406   | Zapata cuadrada<br>Ancho: 165.0 cm<br>Canto: 50.0 cm   | Sup X: 6Ø12c/25<br>Sup Y: 6Ø12c/25<br>Inf X: 6Ø12c/25<br>Inf Y: 6Ø12c/25     |
| (N407 - N556) y (N400 - N566)   | Zapata rectangular centrada<br>Ancho zapata X: 135.0 cm<br>Ancho zapata Y: 205.0 cm<br>Canto: 50.0 cm  | Sup X: 8Ø12c/25<br>Sup Y: 5Ø12c/25<br>Inf X: 8Ø12c/25<br>Inf Y: 5Ø12c/25     |
| (N299 - N561) y (N305 - N555)   | Zapata rectangular centrada<br>Ancho zapata X: 235.0 cm<br>Ancho zapata Y: 235.0 cm<br>Canto: 100.0 cm | Sup X: 10Ø16c/22<br>Sup Y: 10Ø16c/22<br>Inf X: 10Ø16c/22<br>Inf Y: 10Ø16c/22 |
| (N3 - N8 - N298 - N511) y (N1 - N6 - N306 - N512)   | Zapata cuadrada<br>Ancho: 425.0 cm<br>Canto: 100.0 cm  | Sup X: 19Ø16c/22<br>Sup Y: 19Ø16c/22<br>Inf X: 19Ø16c/22<br>Inf Y: 19Ø16c/22 |
| (N246 - N276 - N289 - N529) y (N248 - N278 - N281 - N528)   | Zapata cuadrada<br>Ancho: 500.0 cm<br>Canto: 100.0 cm  | Sup X: 22Ø16c/22<br>Sup Y: 22Ø16c/22<br>Inf X: 22Ø16c/22<br>Inf Y: 22Ø16c/22 |
| (N282 - N394 - N520)  | Zapata rectangular centrada<br>Ancho zapata X: 300.0 cm<br>Ancho zapata Y: 525.0 cm<br>Canto: 100.0 cm | Sup X: 23Ø16c/22<br>Sup Y: 13Ø16c/22<br>Inf X: 23Ø16c/22<br>Inf Y: 13Ø16c/22 |
| (N288 - N460 - N537)  | Zapata rectangular centrada<br>Ancho zapata X: 525.0 cm<br>Ancho zapata Y: 300.0 cm<br>Canto: 100.0 cm | Sup X: 13Ø16c/22<br>Sup Y: 23Ø16c/22<br>Inf X: 13Ø16c/22<br>Inf Y: 23Ø16c/22 |

**- Medición**

| Referencias: N283, N284, N285, N286 y N287 |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
|--|--------------|------------------|--------|
| Nombre de armado                           |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X               | Longitud (m) | 13x2.89          | 37.57  |
|  | Peso (kg)    | 13x4.56          | 59.30  |
| Parrilla inferior - Armado Y               | Longitud (m) | 13x2.89          | 37.57  |
|  | Peso (kg)    | 13x4.56          | 59.30  |
| Parrilla superior - Armado X               | Longitud (m) | 13x2.89          | 37.57  |
|  | Peso (kg)    | 13x4.56          | 59.30  |
| Parrilla superior - Armado Y               | Longitud (m) | 13x2.89          | 37.57  |
|  | Peso (kg)    | 13x4.56          | 59.30  |
| Totales                                    | Longitud (m) | 150.28           |        |
|  | Peso (kg)    | 237.20           | 237.20 |
| Total con mermas (10.00%)                  | Longitud (m) | 165.31           |        |
|  | Peso (kg)    | 260.92           | 260.92 |

|  |              |                  |        |
|--|--------------|------------------|--------|
| Referencias: (N414 - N538), (N415 - N539), (N416 - N540), (N418 - N542), (N417 - N541), (N419 - N543), (N462 - N544), (N450 - N519), (N396 - N518), (N452 - N517), (N454 - N516), (N398 - N513), (N456 - N515) y (N458 - N514) |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø12              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 14x2.64          | 36.96  |
|  | Peso (kg)    | 14x2.34          | 32.81  |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 14x2.93          | 41.02  |
|  | Peso (kg)    | 14x2.60          | 36.42  |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 14x2.64          | 36.96  |
|  | Peso (kg)    | 14x2.34          | 32.81  |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 14x2.93          | 41.02  |
|  | Peso (kg)    | 14x2.60          | 36.42  |
| Totales  | Longitud (m) | 155.96           |        |
|  | Peso (kg)    | 138.46           | 138.46 |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 171.56           |        |
|  | Peso (kg)    | 152.31           | 152.31 |
| Referencias: (N216 - N530), (N186 - N531), (N156 - N532), (N96 - N534), (N66 - N535), (N36 - N536), (N218 - N527), (N188 - N526), (N158 - N525), (N128 - N524), (N98 - N523), (N68 - N521), (N38 - N522) y (N126 - N533)       |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 14x3.84          | 53.76  |
|  | Peso (kg)    | 14x6.06          | 84.85  |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 14x3.84          | 53.76  |
|  | Peso (kg)    | 14x6.06          | 84.85  |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 14x3.90          | 54.60  |
|  | Peso (kg)    | 14x6.16          | 86.18  |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 14x3.90          | 54.60  |
|  | Peso (kg)    | 14x6.16          | 86.18  |
| Totales  | Longitud (m) | 216.72           |        |
|  | Peso (kg)    | 342.06           | 342.06 |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 238.39           |        |
|  | Peso (kg)    | 376.27           | 376.27 |
| Referencias: N300, N301, N302, N303 y N304   |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 16x3.49          | 55.84  |
|  | Peso (kg)    | 16x5.51          | 88.13  |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 16x3.49          | 55.84  |
|  | Peso (kg)    | 16x5.51          | 88.13  |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 16x3.49          | 55.84  |
|  | Peso (kg)    | 16x5.51          | 88.13  |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 16x3.49          | 55.84  |
|  | Peso (kg)    | 16x5.51          | 88.13  |
| Totales  | Longitud (m) | 223.36           |        |
|  | Peso (kg)    | 352.52           | 352.52 |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 245.70           |        |
|  | Peso (kg)    | 387.77           | 387.77 |
| Referencias: N402, N403, N404, N405 y N406   |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø12              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 6x1.49           | 8.94   |
|  | Peso (kg)    | 6x1.32           | 7.94   |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 6x1.49           | 8.94   |
|  | Peso (kg)    | 6x1.32           | 7.94   |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 6x1.49           | 8.94   |
|  | Peso (kg)    | 6x1.32           | 7.94   |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 6x1.49           | 8.94   |
|  | Peso (kg)    | 6x1.32           | 7.94   |
| Totales  | Longitud (m) | 35.76            |        |
|  | Peso (kg)    | 31.76            | 31.76  |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 39.34            |        |
|  | Peso (kg)    | 34.94            | 34.94  |
| Referencias: (N407 - N556) y (N400 - N566)   |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø12              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 8x1.48           | 11.84  |
|  | Peso (kg)    | 8x1.31           | 10.51  |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 5x2.18           | 10.90  |
|  | Peso (kg)    | 5x1.94           | 9.68   |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 8x1.48           | 11.84  |
|  | Peso (kg)    | 8x1.31           | 10.51  |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 5x2.18           | 10.90  |
|  | Peso (kg)    | 5x1.94           | 9.68   |

|  |              |                  |        |
|--|--------------|------------------|--------|
| Referencias: (N407 - N556) y (N400 - N566)                             |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø12              |        |
| Totales  | Longitud (m) | 45.48            | 40.38  |
|  | Peso (kg)    | 40.38            |        |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 50.03            | 44.42  |
|  | Peso (kg)    | 44.42            |        |
| Referencias: (N299 - N561) y (N305 - N555)                             |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 10x2.49          | 24.90  |
|  | Peso (kg)    | 10x3.93          | 39.30  |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 10x2.49          | 24.90  |
|  | Peso (kg)    | 10x3.93          | 39.30  |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 10x2.55          | 25.50  |
|  | Peso (kg)    | 10x4.02          | 40.25  |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 10x2.55          | 25.50  |
|  | Peso (kg)    | 10x4.02          | 40.25  |
| Totales  | Longitud (m) | 100.80           | 159.10 |
|  | Peso (kg)    | 159.10           |        |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 110.88           | 175.01 |
|  | Peso (kg)    | 175.01           |        |
| Referencias: (N3 - N8 - N298 - N511) y (N1 - N6 - N306 - N512)         |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 19x4.39          | 83.41  |
|  | Peso (kg)    | 19x6.93          | 131.65 |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 19x4.39          | 83.41  |
|  | Peso (kg)    | 19x6.93          | 131.65 |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 19x4.45          | 84.55  |
|  | Peso (kg)    | 19x7.02          | 133.45 |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 19x4.45          | 84.55  |
|  | Peso (kg)    | 19x7.02          | 133.45 |
| Totales  | Longitud (m) | 335.92           | 530.20 |
|  | Peso (kg)    | 530.20           |        |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 369.51           | 583.22 |
|  | Peso (kg)    | 583.22           |        |
| Referencias: (N246 - N276 - N289 - N529) y (N248 - N278 - N281 - N528) |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 22x5.14          | 113.08 |
|  | Peso (kg)    | 22x8.11          | 178.48 |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 22x5.14          | 113.08 |
|  | Peso (kg)    | 22x8.11          | 178.48 |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 22x5.20          | 114.40 |
|  | Peso (kg)    | 22x8.21          | 180.56 |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 22x5.20          | 114.40 |
|  | Peso (kg)    | 22x8.21          | 180.56 |
| Totales  | Longitud (m) | 454.96           | 718.08 |
|  | Peso (kg)    | 718.08           |        |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 500.46           | 789.89 |
|  | Peso (kg)    | 789.89           |        |
| Referencia: (N282 - N394 - N520)                                       |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 23x3.14          | 72.22  |
|  | Peso (kg)    | 23x4.96          | 113.99 |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 13x5.39          | 70.07  |
|  | Peso (kg)    | 13x8.51          | 110.59 |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 23x3.20          | 73.60  |
|  | Peso (kg)    | 23x5.05          | 116.16 |
| Parrilla superior - Armado Y   | Longitud (m) | 13x5.45          | 70.85  |
|  | Peso (kg)    | 13x8.60          | 111.82 |
| Totales  | Longitud (m) | 286.74           | 452.56 |
|  | Peso (kg)    | 452.56           |        |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 315.41           | 497.82 |
|  | Peso (kg)    | 497.82           |        |
| Referencia: (N288 - N460 - N537)                                       |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado   |              | Ø16              |        |
| Parrilla inferior - Armado X   | Longitud (m) | 13x5.39          | 70.07  |
|  | Peso (kg)    | 13x8.51          | 110.59 |
| Parrilla inferior - Armado Y   | Longitud (m) | 23x3.14          | 72.22  |
|  | Peso (kg)    | 23x4.96          | 113.99 |
| Parrilla superior - Armado X   | Longitud (m) | 13x5.45          | 70.85  |
|  | Peso (kg)    | 13x8.60          | 111.82 |

|                                  |              |                  |        |
|----------------------------------|--------------|------------------|--------|
| Referencia: (N288 - N460 - N537) |              | B 500 S, Ys=1.15 | Total  |
| Nombre de armado                 |              | Ø16              |        |
| Parrilla superior - Armado Y     | Longitud (m) | 23x3.20          | 73.60  |
|                                  | Peso (kg)    | 23x5.05          | 116.16 |
| Totales                          | Longitud (m) | 286.74           |        |
|                                  | Peso (kg)    | 452.56           | 452.56 |
| Total con mermas<br>(10.00%)     | Longitud (m) | 315.41           |        |
|                                  | Peso (kg)    | 497.82           | 497.82 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento   | B 500 S, Ys=1.15 (kg) |           |          | Hormigón (m³) |          |
|--|-----------------------|-----------|----------|---------------|----------|
|  | Ø12                   | Ø16       | Total    | HA-25, Yc=1.5 | Limpieza |
| Referencias: N283, N284, N285, N286 y N287   |                       | 5x260.92  | 1304.60  | 5x9.30        | 5x0.93   |
| Referencias: (N414 - N538), (N415 - N539), (N416 - N540), (N418 - N542), (N417 - N541), (N419 - N543), (N462 - N544), (N450 - N519), (N396 - N518), (N452 - N517), (N454 - N516), (N398 - N513), (N456 - N515) y (N458 - N514) | 14x152.31             |           | 2132.34  | 14x4.70       | 14x0.78  |
| Referencias: (N216 - N530), (N186 - N531), (N156 - N532), (N96 - N534), (N66 - N535), (N36 - N536), (N218 - N527), (N188 - N526), (N158 - N525), (N128 - N524), (N98 - N523), (N68 - N521), (N38 - N522) y (N126 - N533)       |                       | 14x376.27 | 5267.78  | 14x11.64      | 14x1.37  |
| Referencias: N300, N301, N302, N303 y N304   |                       | 5x387.77  | 1938.85  | 5x13.32       | 5x1.33   |
| Referencias: N402, N403, N404, N405 y N406   | 5x34.94               |           | 174.70   | 5x1.36        | 5x0.27   |
| Referencias: (N407 - N556) y (N400 - N566)   | 2x44.42               |           | 88.84    | 2x1.38        | 2x0.28   |
| Referencias: (N299 - N561) y (N305 - N555)   |                       | 2x175.01  | 350.02   | 2x5.52        | 2x0.55   |
| Referencias: (N3 - N8 - N298 - N511) y (N1 - N6 - N306 - N512)   |                       | 2x583.22  | 1166.44  | 2x18.06       | 2x1.81   |
| Referencias: (N246 - N276 - N289 - N529) y (N248 - N278 - N281 - N528)   |                       | 2x789.89  | 1579.78  | 2x25.00       | 2x2.50   |
| Referencia: (N282 - N394 - N520)   |                       | 497.82    | 497.82   | 15.75         | 1.58     |
| Referencia: (N288 - N460 - N537)   |                       | 497.82    | 497.82   | 15.75         | 1.57     |
| Totales  | 2395.88               | 12603.11  | 14998.99 | 480.14        | 56.24    |

1.1.3.- Comprobación

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: N283  |  |        |
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0404172 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0448317 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0813249 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1831.4 %                      | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 22.8 %                        | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 46.91 kN·m                              | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 171.91 kN·m                             | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 20.11 kN                               | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 117.92 kN                              | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 74.5 kN/m²      | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm               | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N283:   | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 0.0009                                   |        |

| Referencia: N283<br>Dimensiones: 305 x 305 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                     |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                   |        |

| Referencia: N284  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0472842 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0521892 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0947646 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1823.1 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 16.9 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 67.13 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 212.00 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 28.65 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 164.22 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 108.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N284:   | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm   | Cumple |

| Referencia: N284  |   |        |
|---|---|--------|
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de cimentación". Capítulo 3.16</i>   | Mínimo: 10 cm   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm                                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm                                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm                                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                                   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |
| Referencia: N285  |   |        |
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.050031 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0533664 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.100062 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1884.1 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 3.5 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 60.26 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 227.64 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 25.70 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 222.20 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |   |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 97.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |

| Referencia: N285<br>Dimensiones: 305 x 305 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N285:  | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0004                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm  | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: N285  |  |        |
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                                    | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: N286  |  |        |
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0472842 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0521892 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0947646 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1821.5 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 17.0 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 67.13 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 211.93 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 28.65 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 164.12 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 108.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N286:   | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |

| Referencia: N286  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 39 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 34 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: N287  |  |        |
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0404172 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0448317 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.081423 MPa  | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1830.7 %                      | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 22.8 %                        | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 46.91 kN·m                              | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 171.87 kN·m                             | Cumple |

| Referencia: N287   |                                   |        |
|--|-----------------------------------|--------|
| Dimensiones: 305 x 305 x 100   |                                   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22   |                                   |        |
| Comprobación   | Valores                           | Estado |
| Cortante en la zapata:   |                                   |        |
| - En dirección X:  | Cortante: 20.11 kN                | Cumple |
| - En dirección Y:  | Cortante: 117.92 kN               | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:   |                                   |        |
| - Situaciones persistentes:  | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup>    |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Calculado: 74.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:  | Mínimo: 25 cm                     |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 100 cm                 | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:  |                                   |        |
| - N287:  | Mínimo: 90 cm                     |        |
|  | Calculado: 92 cm                  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:   | Mínimo: 0.0009                    |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>  |                                   |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:  | Calculado: 0.001                  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |                                   |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 0.0003                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0002                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:   | Mínimo: 12 mm                     |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>  |                                   |        |
| - Parrilla inferior:   | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| - Parrilla superior:   | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:  | Máximo: 30 cm                     |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  |                                   |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:  | Mínimo: 10 cm                     |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> |                                   |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:   |                                   |        |
| <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                  |                                   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Mínimo: 16 cm                     |        |
|  | Calculado: 39 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 16 cm                     |        |
|  | Calculado: 39 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 16 cm                     |        |
|  | Calculado: 34 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 16 cm                     |        |
|  | Calculado: 34 cm                  | Cumple |

| Referencia: N287  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 305 x 305 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 34 cm                                    | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N414 - N538)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0564075 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0790686 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.113207 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1512.4 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 20.9 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 90.36 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 110.66 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 82.70 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 124.78 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 342.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N414:   | Mínimo: 35 cm  | Cumple |
| - N538:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N414 - N538)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005                                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                                   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                                    |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm                                 | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm                                 | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             | Mínimo: 15 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N415 - N539)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.05886 MPa     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0780876 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.117916 MPa  | Cumple |

| Referencia: (N415 - N539)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| <b>Vuelco de la zapata:</b>   |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1558.8 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 15.7 %  | Cumple |
| <b>Flexión en la zapata:</b>  |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 87.81 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 108.34 kN·m   | Cumple |
| <b>Cortante en la zapata:</b>   |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 80.34 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 121.55 kN  | Cumple |
| <b>Compresión oblicua en la zapata:</b>   |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 339.2 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| <b>Canto mínimo:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| <b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>  |  |        |
| - N415:   | Calculado: 53 cm<br>Mínimo: 35 cm                                    | Cumple |
| - N539:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| <b>Cuantía geométrica mínima:</b>   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| <b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| <b>Diámetro mínimo de las barras:</b>   |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| <b>Separación máxima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| <b>Separación mínima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 20 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |

| Referencia: (N415 - N539)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   | Mínimo: 15 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm  |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N416 - N540)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0575847 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0782838 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.115464 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1534.0 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 18.1 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 87.98 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 111.74 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 80.44 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 126.16 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 339.2 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 53 cm   |        |
| - N416:   | Mínimo: 35 cm  | Cumple |
| - N540:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |

| Referencia: (N416 - N540)   |                   |        |
|---|-------------------|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |                   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |                   |        |
| Comprobación  | Valores           | Estado |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm     |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm  | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             | Mínimo: 15 cm     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm     |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                   |        |

| Referencia: (N216 - N530)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| Comprobación   | Valores   | Estado                               |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:                                | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0512082 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0565056 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.060822 MPa | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Vuelco de la zapata:<br>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y: | Reserva seguridad: 840.2 %<br>Reserva seguridad: 7.2 %  | Cumple<br>Cumple                     |
| Flexión en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:  | Momento: 208.48 kN·m<br>Momento: 126.27 kN·m  | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:   | Cortante: 132.53 kN<br>Cortante: 72.69 kN   | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 299.5 kN/m <sup>2</sup>  | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N216:<br>- N530:  | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm<br>Mínimo: 40 cm  | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004<br>Mínimo: 0.0003<br>Mínimo: 0.0002<br>Mínimo: 0.0002  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm<br>Calculado: 16 mm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm   | Cumple<br>Cumple                     |

| Referencia: (N216 - N530)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26                                      |  |        |
|---|--|--------|
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 26 cm                | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N186 - N531)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0508158 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0553284 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0605277 MPa | Cumple |

| Referencia: (N186 - N531)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1177.6 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 63.7 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 202.19 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 124.19 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 128.51 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 35.02 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 294.9 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N186:   | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm                                    | Cumple |
| - N531:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 26 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |

|  |  |        |
|--|--|--------|
| Referencia: (N186 - N531)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |  |        |
| Comprobación   | Valores  | Estado |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i> criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |        |
| Referencia: (N156 - N532)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |  |        |
| Comprobación   | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i> criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:   | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.051012 MPa    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:   | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0563094 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:   | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0607239 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i> Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:  | Reserva seguridad: 1179.7 %                      | Cumple |
| - En dirección Y:  | Reserva seguridad: 63.4 %                        | Cumple |
| Flexión en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:  | Momento: 206.30 kN·m                             | Cumple |
| - En dirección Y:  | Momento: 125.17 kN·m                             | Cumple |
| Cortante en la zapata:   |  |        |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N156 - N532)   |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - En dirección X:   | Cortante: 131.16 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 36.20 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295.7 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 77 cm   |        |
| - N156:   | Mínimo: 49 cm  | Cumple |
| - N532:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm                                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm                                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                                    | Cumple |

| Referencia: (N156 - N532)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                                    | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N96 - N534)  |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.051012 MPa                        | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0565056 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0609201 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1120.0 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 36.7 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 206.28 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 125.13 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 131.16 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 36.30 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295.7 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 77 cm   |        |

| Referencia: (N96 - N534)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26                                       |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - N96:  | Mínimo: 54 cm                      | Cumple |
| - N534:   | Mínimo: 40 cm                      | Cumple |
| Cantidad geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 0.0009                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cantidad mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm  | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N96 - N534)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N418 - N542)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0583695 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.07848 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.116935 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1540.0 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 17.4 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 87.70 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 111.62 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 80.25 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 126.06 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 338.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 53 cm   |        |
| - N418:   | Mínimo: 35 cm  | Cumple |
| - N542:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |

| Referencia: (N418 - N542)  |  |   |
|--|--|---|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60  |  |   |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20   |  |   |
| Comprobación   | Valores  | Estado  |
| <p>Cuántía mínima necesaria por flexión:</p> <p><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>  | <p>Calculado: 0.001</p> <p>Mínimo: 0.0004</p> <p>Mínimo: 0.0005</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>  | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Diámetro mínimo de las barras:</p> <p><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p>   | <p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>   | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Separación máxima entre barras:</p> <p><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>  | <p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p>   | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Separación mínima entre barras:</p> <p><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>   | <p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p>   | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Longitud de anclaje:</p> <p><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p> | <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 67 cm</p> <p>Calculado: 67 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 67 cm</p> <p>Calculado: 67 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Longitud mínima de las patillas:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p>  | <p>Mínimo: 12 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p>   | <p></p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |   |
| Referencia: (N417 - N541)  |  |   |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60  |  |   |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20   |  |   |
| Comprobación   | Valores  | Estado  |
| <p>Tensiones sobre el terreno:</p> <p><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p>   | <p>Máximo: 0.2943 MPa</p> <p>Calculado: 0.0585657 MPa</p>  | <p></p> <p>Cumple</p>   |

| Referencia: (N417 - N541)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0780876 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.117426 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1546.8 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 16.1 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 88.08 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 108.23 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 80.54 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 121.35 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 339.7 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N417:   | Calculado: 53 cm<br>Mínimo: 35 cm                                    | Cumple |
| - N541:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 10 cm  |        |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N417 - N541)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| Longitud de anclaje:  | Mínimo: 15 cm  |        |
| <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm  |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N419 - N543)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0567999 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0780876 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.113698 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1460.1 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 19.2 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 88.81 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 106.96 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 81.23 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 119.58 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 343.2 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |

| Referencia: (N419 - N543)   |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |                                   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 53 cm                  |        |
| - N419:   | Mínimo: 35 cm                     | Cumple |
| - N543:   | Mínimo: 44 cm                     | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                     |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm                  | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm                  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             | Mínimo: 15 cm                     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                     |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N419 - N543)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N66 - N535)  |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.051012 MPa                        | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0553284 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0603315 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1228.4 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 52.8 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 203.68 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 125.29 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 129.49 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 35.02 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 298.6 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N66:  | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm                                    | Cumple |
| - N535:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 12 mm  |        |

|   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Referencia: (N66 - N535)  |                                    |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                    |        |
| Referencia: (N36 - N536)  |                                    |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |                                    |        |

| Referencia: (N36 - N536)  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0459108 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0520911 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0606258 MPa                     | Cumple |
| <b>Vuelco de la zapata:</b>   |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 836.6 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 73.8 %  | Cumple |
| <b>Flexión en la zapata:</b>  |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 171.92 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 101.87 kN·m   | Cumple |
| <b>Cortante en la zapata:</b>   |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 109.48 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 32.67 kN   | Cumple |
| <b>Compresión oblicua en la zapata:</b>   |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 215.8 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| <b>Canto mínimo:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| <b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>  |  |        |
| - N36:  | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm                                    | Cumple |
| - N536:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| <b>Cuantía geométrica mínima:</b>   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| <b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0003                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| <b>Diámetro mínimo de las barras:</b>   |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| <b>Separación máxima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |

| Referencia: (N36 - N536)  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N462 - N544)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0485595 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0576828 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0651384 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1499.5 %                      | Cumple |

|  |                                  |        |
|--|----------------------------------|--------|
| Referencia: (N462 - N544)  |                                  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60  |                                  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20   |                                  |        |
| Comprobación   | Valores                          | Estado |
| - En dirección Y:  | Reserva seguridad: 162.3 %       | Cumple |
| Flexión en la zapata:  |                                  |        |
| - En dirección X:  | Momento: 109.66 kN·m             | Cumple |
| - En dirección Y:  | Momento: 41.03 kN·m              | Cumple |
| Cortante en la zapata:   |                                  |        |
| - En dirección X:  | Cortante: 100.45 kN              | Cumple |
| - En dirección Y:  | Cortante: 51.21 kN               | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:   |                                  |        |
| - Situaciones persistentes:  | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup>   |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Calculado: 291 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:  | Mínimo: 25 cm                    |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 60 cm                 | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:  | Calculado: 53 cm                 |        |
| - N462:  | Mínimo: 30 cm                    | Cumple |
| - N544:  | Mínimo: 44 cm                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:   | Mínimo: 0.0009                   |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>  |                                  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:  | Calculado: 0.001                 |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |                                  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Mínimo: 0.0005                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 0.0002                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0001                   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:   | Mínimo: 12 mm                    |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>  |                                  |        |
| - Parrilla inferior:   | Calculado: 12 mm                 | Cumple |
| - Parrilla superior:   | Calculado: 12 mm                 | Cumple |
| Separación máxima entre barras:  | Máximo: 30 cm                    |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  |                                  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:  | Mínimo: 10 cm                    |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> |                                  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:   | Mínimo: 15 cm                    |        |
| <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                  |                                  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Calculado: 67 cm                 | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N462 - N544)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 39 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 64 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 64 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 39 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm  |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N218 - N527)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0512082 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0565056 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.060822 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 838.3 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 7.2 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 208.50 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 126.23 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 132.63 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 72.79 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 299.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 77 cm   |        |
| - N218:   | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N527:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |

| Referencia: (N218 - N527)   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003                     | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N218 - N527)   |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N450 - N519)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0560151 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0788724 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.112325 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1503.4 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 21.8 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 91.47 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 110.61 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 83.68 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 124.69 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 342.4 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N450:   | Calculado: 53 cm<br>Mínimo: 35 cm                                    | Cumple |
| - N519:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |

|   |   |  |
|---|---|--|
| Referencia: (N450 - N519)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |   |  |
| Comprobación  | Valores   | Estado   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 42 cm<br>Calculado: 42 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 42 cm<br>Calculado: 42 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 12 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |  |
| Referencia: (N396 - N518)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |   |  |
| Comprobación  | Valores   | Estado   |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:   | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0594486 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0782838 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.119093 MPa                         | Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>   |   |  |

|  |                                  |        |
|--|----------------------------------|--------|
| Referencia: (N396 - N518)  |                                  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60  |                                  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20   |                                  |        |
| Comprobación   | Valores                          | Estado |
| - En dirección X:  | Reserva seguridad: 1569.8 %      | Cumple |
| - En dirección Y:  | Reserva seguridad: 14.7 %        | Cumple |
| Flexión en la zapata:  |                                  |        |
| - En dirección X:  | Momento: 86.68 kN·m              | Cumple |
| - En dirección Y:  | Momento: 108.36 kN·m             | Cumple |
| Cortante en la zapata:   |                                  |        |
| - En dirección X:  | Cortante: 79.26 kN               | Cumple |
| - En dirección Y:  | Cortante: 121.55 kN              | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:   |                                  |        |
| - Situaciones persistentes:  | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup>   |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Calculado: 339 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:  | Mínimo: 25 cm                    |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 60 cm                 | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:  | Calculado: 53 cm                 |        |
| - N396:  | Mínimo: 35 cm                    | Cumple |
| - N518:  | Mínimo: 44 cm                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:   | Mínimo: 0.0009                   |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.0009                | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:  | Calculado: 0.001                 |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 0.0004                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección X:   | Mínimo: 0.0005                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 0.0002                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   |                                  |        |
| Diámetro mínimo de las barras:   | Mínimo: 12 mm                    |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>  | Calculado: 12 mm                 | Cumple |
| - Parrilla inferior:   | Calculado: 12 mm                 | Cumple |
| - Parrilla superior:   |                                  |        |
| Separación máxima entre barras:  | Máximo: 30 cm                    |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:  | Mínimo: 10 cm                    |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 20 cm                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:   | Mínimo: 15 cm                    |        |
| <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                  |                                  |        |

| Referencia: (N396 - N518)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm  |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N188 - N526)   |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0508158 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0553284 MPa                   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0605277 MPa                   | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1174.5 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 63.6 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 202.25 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 124.17 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 128.61 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 35.02 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 77 cm   |        |
| - N188:   | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N526:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |

| Referencia: (N188 - N526)   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                   | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N188 - N526)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N158 - N525)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.051012 MPa                        | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0563094 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0607239 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1176.8 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 63.4 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 206.34 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 125.15 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 131.16 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 36.20 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295.8 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N158:   | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 49 cm                                    | Cumple |
| - N525:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
|   | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |

| Referencia: (N158 - N525)   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                    |        |

| Referencia: (N452 - N517)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0574866 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0782838 MPa                   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.115169 MPa                    | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1508.7 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 18.4 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 88.63 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 111.70 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 81.13 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 126.06 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 339 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 53 cm   |        |
| - N452:   | Mínimo: 35 cm  | Cumple |
| - N517:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |

| Referencia: (N452 - N517)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 15 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  |  |        |
|   | Mínimo: 12 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N128 - N524)   |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0508158 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0553284 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0605277 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1223.9 %                      | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 61.3 %                        | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 202.50 kN·m                             | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 124.32 kN·m                             | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 128.71 kN                              | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 35.02 kN                               | Cumple |

| Referencia: (N128 - N524)  |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85  |  |                                      |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |  |                                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado                               |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295.5 kN/m <sup>2</sup>   | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm  | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N128:<br>- N524:  | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm<br>Mínimo: 40 cm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004<br>Mínimo: 0.0002<br>Mínimo: 0.0002<br>Mínimo: 0.0002   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm<br>Calculado: 16 mm  | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

| Referencia: (N128 - N524)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm                                   | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N454 - N516)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0584676 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0779895 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.117033 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1542.9 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 16.5 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 88.40 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 108.21 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 80.83 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 121.35 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 339.9 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 53 cm   |        |
| - N454:   | Mínimo: 35 cm  | Cumple |
| - N516:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |

| Referencia: (N454 - N516)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |   |  |
|---|---|--|
| Comprobación  | Valores   | Estado   |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004<br>Mínimo: 0.0005<br>Mínimo: 0.0002  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 42 cm<br>Calculado: 42 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 67 cm<br>Calculado: 42 cm<br>Calculado: 42 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 12 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |  |

| Referencia: (N98 - N523)  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.051012 MPa                        | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0564075 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0609201 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1117.4 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 36.7 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 206.32 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 125.10 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 131.16 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 36.30 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295.8 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 77 cm   |        |
| - N98:  | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N523:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N98 - N523)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26                                       |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm               | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N398 - N513)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.05886 MPa     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0783819 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.117916 MPa  | Cumple |

| Referencia: (N398 - N513)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| <b>Vuelco de la zapata:</b>   |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1537.4 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 16.3 %  | Cumple |
| <b>Flexión en la zapata:</b>  |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 86.32 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 111.56 kN·m   | Cumple |
| <b>Cortante en la zapata:</b>   |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 78.97 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 126.06 kN  | Cumple |
| <b>Compresión oblicua en la zapata:</b>   |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 335.7 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| <b>Canto mínimo:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| <b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>  |  |        |
| - N398:   | Calculado: 53 cm<br>Mínimo: 35 cm                                    | Cumple |
| - N513:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| <b>Cuantía geométrica mínima:</b>   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| <b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| <b>Diámetro mínimo de las barras:</b>   |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| <b>Separación máxima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| <b>Separación mínima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 20 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |

| Referencia: (N398 - N513)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores   | Estado                               |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   | Mínimo: 15 cm   |                                      |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm  | Cumple                               |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm  | Cumple                               |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm  | Cumple                               |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm  | Cumple                               |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm  | Cumple                               |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm  | Cumple                               |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm  | Cumple                               |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm  | Cumple                               |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:                            | Mínimo: 12 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |                                      |
| Referencia: (N68 - N521)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |   |                                      |
| Comprobación  | Valores   | Estado                               |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |   |                                      |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.051012 MPa   | Cumple                               |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0552303 MPa  | Cumple                               |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0603315 MPa  | Cumple                               |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |                                      |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1225.3 %   | Cumple                               |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 52.7 %   | Cumple                               |
| Flexión en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:   | Momento: 203.73 kN·m<br>Momento: 125.26 kN·m  | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:  | Cortante: 129.49 kN<br>Cortante: 35.02 kN   | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 298.7 kN/m <sup>2</sup>                          | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N68:<br>- N521:  | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm<br>Mínimo: 40 cm  | Cumple<br>Cumple                     |

| Referencia: (N68 - N521)  |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N68 - N521)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26   |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N456 - N515)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0565056 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0786762 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.113011 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1433.1 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 20.4 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 90.91 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 107.02 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 83.09 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 119.58 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 347.3 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N456:   | Calculado: 53 cm<br>Mínimo: 35 cm                                    | Cumple |
| - N515:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Calculado: 0.001   |        |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N456 - N515)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0005                                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                                   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                                    |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm                                 | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm                                 | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             | Mínimo: 15 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 42 cm                                 | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N38 - N522)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26                                       |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0459108 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0520911 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0606258 MPa | Cumple |

| Referencia: (N38 - N522)  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| <b>Vuelco de la zapata:</b>   |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 834.3 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 73.7 %  | Cumple |
| <b>Flexión en la zapata:</b>  |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 171.91 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 101.86 kN·m   | Cumple |
| <b>Cortante en la zapata:</b>   |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 109.48 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 32.67 kN   | Cumple |
| <b>Compresión oblicua en la zapata:</b>   |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 215.8 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| <b>Canto mínimo:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| <b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>  |  |        |
| - N38:  | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm                                    | Cumple |
| - N522:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| <b>Cuantía geométrica mínima:</b>   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| <b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0003                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| <b>Diámetro mínimo de las barras:</b>   |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| <b>Separación máxima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| <b>Separación mínima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 26 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |

|  |  |        |
|--|--|--------|
| Referencia: (N38 - N522)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación   | Valores  | Estado |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i> criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm               | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |        |
| Referencia: (N458 - N514)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20   |  |        |
| Comprobación   | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i> criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:   | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0482652 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:   | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0571923 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:   | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0645498 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i> Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:  | Reserva seguridad: 1526.2 %                      | Cumple |
| - En dirección Y:  | Reserva seguridad: 160.9 %                       | Cumple |
| Flexión en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:  | Momento: 108.06 kN·m                             | Cumple |
| - En dirección Y:  | Momento: 40.99 kN·m                              | Cumple |
| Cortante en la zapata:   |  |        |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N458 - N514)   |  |        |
| Dimensiones: 280 x 280 x 60   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - En dirección X:   | Cortante: 98.98 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 51.21 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 288.9 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 60 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 53 cm   |        |
| - N458:   | Mínimo: 30 cm  | Cumple |
| - N514:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0005   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 20 cm   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             | Mínimo: 15 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 67 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 39 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 64 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 64 cm   | Cumple |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| Referencia: (N458 - N514)<br>Dimensiones: 280 x 280 x 60<br>Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 42 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 39 cm  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm   |        |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |
| Referencia: N300<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.031392 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0309015 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0538569 MPa                    | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 4164.7 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 78.8 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 43.24 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 142.03 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 22.96 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 81.91 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |   |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 47.1 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N300:  | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                   | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001  | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: N300<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                                   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                                    |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                                 | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                                 | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm                | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: N402<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0729864 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.074556 MPa  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0938817 MPa | Cumple |

| Referencia: N402  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 165 x 165 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| <b>Vuelco de la zapata:</b>   |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 5.9 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 331.6 %   | Cumple |
| <b>Flexión en la zapata:</b>  |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 34.67 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 34.07 kN·m  | Cumple |
| <b>Cortante en la zapata:</b>   |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 36.98 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 36.20 kN   | Cumple |
| <b>Compresión oblicua en la zapata:</b>   |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 426.1 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| <b>Canto mínimo:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm                                    | Cumple |
| <b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>  |  |        |
| - N402:   | Mínimo: 40 cm<br>Calculado: 43 cm                                    | Cumple |
| <b>Cuantía geométrica mínima:</b>   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| <b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0004   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| <b>Diámetro mínimo de las barras:</b>   |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| <b>Separación máxima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| <b>Separación mínima entre barras:</b>  |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 25 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |

| Referencia: N402  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 165 x 165 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   | Mínimo: 15 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: N403  |  |        |
| Dimensiones: 165 x 165 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.108597 MPa                        | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.107616 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.128707 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 25.6 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 467.2 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 56.83 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 52.72 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 60.53 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 55.43 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 699.6 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N403:   | Mínimo: 40 cm<br>Calculado: 43 cm                                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |

| Referencia: N403<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |   |  |
|---|---|--|
| Comprobación  | Valores   | Estado   |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0007<br>Mínimo: 0.0006<br>Mínimo: 0.0001  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple                               |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple                               |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 19 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |  |
| Referencia: N301<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |  |
| Comprobación  | Valores   | Estado   |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:   | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0292338 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0300186 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0560151 MPa    | Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i><br>- En dirección X:  | Reserva seguridad: 4200.7 %   | Cumple   |

| Referencia: N301<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
|---|---|--------|
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 39.4 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 39.02 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 182.58 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 20.80 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 123.21 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |   |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 41.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |        |
| - N301:   | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                   | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0001                                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002  | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |   |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm                                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 22 cm                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 22 cm                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |   |        |

| Referencia: N301  |   |        |
|---|---|--------|
| Dimensiones: 365 x 365 x 100  |   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |
| Referencia: N302  |   |        |
| Dimensiones: 365 x 365 x 100  |   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0309996 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0297243 MPa                  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0594486 MPa                  | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 4195.3 %                                       | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 20.5 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 47.93 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 201.90 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 24.92 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 165.59 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |   |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 61 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |   |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |        |
| - N302:   | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                 | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                               | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |

|   |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Referencia: N302<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003                    | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                     |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                   |        |
| Referencia: N404<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |                                   |        |

| Referencia: N404  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 165 x 165 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.111344 MPa                        | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.110264 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.131945 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 21.6 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 473.6 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 58.46 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 54.45 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 62.29 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 57.19 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 722.6 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N404:   | Mínimo: 40 cm<br>Calculado: 43 cm                                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0007                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0006   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>  |  |        |
|   | Mínimo: 10 cm  |        |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| Referencia: N404<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   | Mínimo: 15 cm   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |
| Referencia: N303<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0292338 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0300186 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0560151 MPa                    | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 4197.4 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 39.4 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 39.01 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 182.54 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 20.80 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 123.21 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |   |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 41.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N303:  | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                   | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009  |        |

| Referencia: N303<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003                    | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                     |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                   |        |

| Referencia: N405<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores   | Estado                               |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:                                       | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.108597 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.107518 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.128609 MPa | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i><br>- En dirección X:<br>- En dirección Y: | Reserva seguridad: 25.6 %<br>Reserva seguridad: 467.6 %   | Cumple<br>Cumple                     |
| Flexión en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:   | Momento: 56.83 kN·m<br>Momento: 52.73 kN·m  | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:  | Cortante: 60.53 kN<br>Cortante: 55.43 kN  | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 699.6 kN/m <sup>2</sup>  | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N405:  | Mínimo: 40 cm<br>Calculado: 43 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0007<br>Mínimo: 0.0006<br>Mínimo: 0.0001  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| Referencia: N405<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   | Mínimo: 10 cm   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   | Mínimo: 15 cm   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |
| Referencia: N304<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.031392 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0309996 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0538569 MPa                    | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 4161.5 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 78.8 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 43.23 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 142.02 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 22.96 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 81.91 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 47.1 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N304:  | Mínimo: 90 cm<br>Calculado: 92 cm                                   | Cumple |

| Referencia: N304<br>Dimensiones: 365 x 365 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |  |
|---|--|--|
| Comprobación  | Valores  | Estado   |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009   | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0001<br>Mínimo: 0.0002<br>Mínimo: 0.0001<br>Mínimo: 0.0002   | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm<br>Calculado: 16 mm  | <br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm  | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm  | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 69 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 64 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 69 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 64 cm | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |  |

| Referencia: N406<br>Dimensiones: 165 x 165 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:                                       | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0729864 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0747522 MPa<br>Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0939798 MPa | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i><br>- En dirección X:<br>- En dirección Y: | Reserva seguridad: 5.9 %<br>Reserva seguridad: 331.1 %   | Cumple<br>Cumple                     |
| Flexión en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:   | Momento: 34.67 kN·m<br>Momento: 34.14 kN·m   | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:  | Cortante: 36.98 kN<br>Cortante: 36.30 kN   | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 426.2 kN/m <sup>2</sup>   | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm  | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N406:  | Mínimo: 40 cm<br>Calculado: 43 cm  | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009<br>Calculado: 0.0009   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004<br>Mínimo: 0.0004<br>Mínimo: 0.0001   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm  | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

| Referencia: N406  |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 165 x 165 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   | Mínimo: 10 cm  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   | Mínimo: 15 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N407 - N556)   |  |        |
| Dimensiones: 135 x 205 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0966285 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.224355 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.261829 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 161.4 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 69.8 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 14.62 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: -21.15 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 0.00 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 19.23 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 327.2 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N407:   | Calculado: 43 cm<br>Mínimo: 40 cm                                    | Cumple |

| Referencia: (N407 - N556)   |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Dimensiones: 135 x 205 x 50   |                                   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| - N556:   | Mínimo: 30 cm                     | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003                    | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0004                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                     |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm                  | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm                  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 23 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 23 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 69 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 62 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                     |        |

| Referencia: (N407 - N556)   |   |        |
|---|---|--------|
| Dimensiones: 135 x 205 x 50   |   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |
| Referencia: (N299 - N561)   |   |        |
| Dimensiones: 235 x 235 x 100  |   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |   |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0483633 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0695529 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.120663 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |   |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 357.8 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 3.8 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 18.34 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 115.37 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 0.00 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 0.00 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |   |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 54.2 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |   |        |
| Canto mínimo:   |   |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |        |
| - N299:   | Calculado: 92 cm<br>Mínimo: 90 cm                                   | Cumple |
| - N561:   | Mínimo: 30 cm   | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |   |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |

| Referencia: (N299 - N561)<br>Dimensiones: 235 x 235 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22   |  |  |
|---|--|--|
| Comprobación  | Valores  | Estado   |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0001<br>Mínimo: 0.0003<br>Mínimo: 0.0001<br>Mínimo: 0.0001   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm<br>Calculado: 16 mm  | Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 52 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 40 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 55 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 43 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple                     |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N299 - N561)   |  |        |
| Dimensiones: 235 x 235 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N400 - N566)   |  |        |
| Dimensiones: 135 x 205 x 50   |  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0770085 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.184036 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.208757 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 163.4 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 97.1 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 14.46 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 17.26 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 0.00 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 17.95 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 328.1 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 50 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N400:   | Calculado: 43 cm<br>Mínimo: 40 cm                                    | Cumple |
| - N566:   | Mínimo: 30 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0002                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm                                    | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N400 - N566)<br>Dimensiones: 135 x 205 x 50<br>Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm                               | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                                  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                               | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 23 cm              | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm              | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 23 cm              | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 69 cm              | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 23 cm              | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 34 cm              | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 41 cm              | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 69 cm              | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                                  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                               | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N126 - N533)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26                                      |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0508158 MPa | Cumple |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N126 - N533)   |  |        |
| Dimensiones: 370 x 370 x 85   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0553284 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0605277 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 1227.0 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 61.4 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 202.45 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 124.34 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 128.71 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 35.02 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 295.4 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 85 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N126:   | Calculado: 77 cm<br>Mínimo: 54 cm                                    | Cumple |
| - N533:   | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0004                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm                                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm   | Cumple |

| Referencia: (N126 - N533)<br>Dimensiones: 370 x 370 x 85<br>Armados: Xi:Ø16c/26 Yi:Ø16c/26 Xs:Ø16c/26 Ys:Ø16c/26  |  |        |
|---|--|--------|
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>   | Mínimo: 10 cm                                    |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                                 | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>   |  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 106 cm               | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 70 cm                | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 74 cm                | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 109 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 127 cm               | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 77 cm                | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                                 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N3 - N8 - N298 - N511)<br>Dimensiones: 425 x 425 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22   |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0513063 MPa   | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0668061 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.104575 MPa  | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 6.8 %                         | Cumple |

| Referencia: (N3 - N8 - N298 - N511)  |  |        |
|--|--|--------|
| Dimensiones: 425 x 425 x 100   |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22   |  |        |
| Comprobación   | Valores  | Estado |
| - En dirección Y:  | Reserva seguridad: 224.2 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:  | Momento: 243.98 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:  | Momento: -163.21 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:  | Cortante: 126.94 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:  | Cortante: 63.96 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:   |  |        |
| - Situaciones persistentes:  | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 207.5 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| Canto mínimo:  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                   | Cumple |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:  | Calculado: 92 cm   |        |
| - N3:  | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N8:  | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N298:  | Mínimo: 90 cm  | Cumple |
| - N511:  | Mínimo: 40 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:   | Mínimo: 0.0009   |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:  | Calculado: 0.001   |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Mínimo: 0.0003   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Mínimo: 0.0002   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:   | Mínimo: 12 mm  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>  |  |        |
| - Parrilla inferior:   | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:   | Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:  | Máximo: 30 cm  |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:  | Mínimo: 10 cm  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 22 cm   | Cumple |

|  |   |  |
|--|---|--|
| Referencia: (N3 - N8 - N298 - N511)<br>Dimensiones: 425 x 425 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |  |
| <b>Comprobación</b>  | <b>Valores</b>  | <b>Estado</b>  |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>  |   |  |
| - Armado inf. dirección X hacia der:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 139 cm  | Cumple   |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 68 cm   | Cumple   |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm   | Cumple   |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm   | Cumple   |
| - Armado sup. dirección X hacia der:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 142 cm  | Cumple   |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 128 cm  | Cumple   |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 142 cm  | Cumple   |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 128 cm  | Cumple   |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |   |  |
| Referencia: (N246 - N276 - N289 - N529)<br>Dimensiones: 500 x 500 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |  |
| <b>Comprobación</b>  | <b>Valores</b>  | <b>Estado</b>  |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |   |  |
| - Tensión media en situaciones persistentes:   | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0405153 MPa  | Cumple   |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:   | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0557208 MPa  | Cumple   |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:   | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0629802 MPa  | Cumple   |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>  |   |  |
| - En dirección X:  | Reserva seguridad: 149.8 %  | Cumple   |
| - En dirección Y:  | Reserva seguridad: 345.4 %  | Cumple   |
| Flexión en la zapata:<br>- En dirección X:<br>- En dirección Y:  | Momento: 159.05 kN·m<br>Momento: 108.79 kN·m  | Cumple<br>Cumple   |
| Cortante en la zapata:<br>- En dirección X:  | Cortante: 68.67 kN  | Cumple   |

| Referencia: (N246 - N276 - N289 - N529)   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| Dimensiones: 500 x 500 x 100  |  |                                      |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |                                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado                               |
| - En dirección Y:   | Cortante: 33.94 kN   | Cumple                               |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 177.3 kN/m <sup>2</sup>                 | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N246:<br>- N276:<br>- N289:<br>- N529:   | Calculado: 92 cm<br>Mínimo: 54 cm<br>Mínimo: 54 cm<br>Mínimo: 90 cm<br>Mínimo: 40 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009   |                                      |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple                               |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple                               |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple                               |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple                               |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001   |                                      |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple                               |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple                               |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002   | Cumple                               |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple                               |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm  |                                      |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple                               |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm   | Cumple                               |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm  |                                      |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm  |                                      |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm   | Cumple                               |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |  |                                      |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 55 cm  | Cumple                               |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 177 cm   | Cumple                               |

| Referencia: (N246 - N276 - N289 - N529)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 500 x 500 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 127 cm                                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 86 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 58 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 180 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 89 cm                                    | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N248 - N278 - N281 - N528)   |  |        |
| Dimensiones: 500 x 500 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0405153 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0558189 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0629802 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 152.3 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 348.7 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 158.09 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 109.06 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 68.67 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 33.94 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 177.7 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |

| Referencia: (N248 - N278 - N281 - N528)   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 500 x 500 x 100  |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 92 cm                   |        |
| - N248:   | Mínimo: 54 cm                      | Cumple |
| - N278:   | Mínimo: 54 cm                      | Cumple |
| - N281:   | Mínimo: 90 cm                      | Cumple |
| - N528:   | Mínimo: 40 cm                      | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001                     | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 55 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 177 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 86 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 127 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 58 cm  | Cumple |

| Referencia: (N248 - N278 - N281 - N528)   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 500 x 500 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 180 cm                                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 89 cm                                    | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm                                    | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm  |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N1 - N6 - N306 - N512)   |  |        |
| Dimensiones: 425 x 425 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0513063 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0664137 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.104084 MPa                      | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 6.9 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 224.5 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 243.21 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: -163.82 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 127.04 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 63.96 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 207.4 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   | Calculado: 92 cm   |        |
| - N1:   | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N6:   | Mínimo: 54 cm  | Cumple |
| - N306:   | Mínimo: 90 cm  | Cumple |

| Referencia: (N1 - N6 - N306 - N512)   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Dimensiones: 425 x 425 x 100  |                                    |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - N512:   | Mínimo: 40 cm                      | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.0009                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009                  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>  | Calculado: 0.001                   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0003                     | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001                     | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0002                     | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                      |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 139 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 68 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 142 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 128 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 128 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 142 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |

| Referencia: (N1 - N6 - N306 - N512)<br>Dimensiones: 425 x 425 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22   |  |        |
|---|--|--------|
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N282 - N394 - N520)<br>Dimensiones: 300 x 525 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0437526 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0472842 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0622935 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 483.4 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 273.7 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 56.87 kN·m  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 191.18 kN·m   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 0.00 kN  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 73.28 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 144.6 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N282:   | Calculado: 92 cm<br>Mínimo: 90 cm                                    | Cumple |
| - N394:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| - N520:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |

| Referencia: (N282 - N394 - N520)   |  |  |
|--|--|--|
| Dimensiones: 300 x 525 x 100   |  |  |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22   |  |  |
| Comprobación   | Valores  | Estado   |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0001<br>Mínimo: 0.0003<br>Mínimo: 0.0001<br>Mínimo: 0.0003   | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i><br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm<br>Calculado: 16 mm  | <br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm  | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm<br>Calculado: 22 cm  | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio de libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado sup. dirección Y hacia abajo: | <br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 52 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 242 cm<br>Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 245 cm<br>Mínimo: 31 cm<br>Calculado: 35 cm | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. dirección X hacia der:<br>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm  | <br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple                     |

|   |  |        |
|---|--|--------|
| Referencia: (N282 - N394 - N520)  |  |        |
| Dimensiones: 300 x 525 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |        |
| Referencia: (N288 - N460 - N537)  |  |        |
| Dimensiones: 525 x 300 x 100  |  |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:   |  |        |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0438507 MPa                       | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0475785 MPa                     | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0621954 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |  |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |  |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 273.2 %   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 473.9 %   | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En dirección X:   | Momento: 191.87 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 57.27 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 73.67 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 0.00 kN  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 146.3 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |  |        |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N288:   | Calculado: 92 cm<br>Mínimo: 90 cm                                    | Cumple |
| - N460:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| - N537:   | Mínimo: 44 cm  | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0003                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0003   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |  |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |  |        |
|   | Mínimo: 12 mm  |        |

|   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Referencia: (N288 - N460 - N537)<br>Dimensiones: 525 x 300 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22                              |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm                   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                      |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 242 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 52 cm  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 32 cm<br>Calculado: 35 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 245 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                      |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                   | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                    |        |
| Referencia: (N305 - N555)<br>Dimensiones: 235 x 235 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22                                     |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>   |                                    |        |

| Referencia: (N305 - N555)   |   |        |
|---|---|--------|
| Dimensiones: 235 x 235 x 100  |   |        |
| Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 0.2943 MPa<br>Calculado: 0.0496386 MPa                      | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.0742617 MPa                    | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 0.367875 MPa<br>Calculado: 0.128511 MPa                     | Cumple |
| Vuelco de la zapata:  |   |        |
| <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> |   |        |
| - En dirección X:   | Reserva seguridad: 271.2 %  | Cumple |
| - En dirección Y:   | Reserva seguridad: 3.5 %  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En dirección X:   | Momento: 13.67 kN·m   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Momento: 115.94 kN·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En dirección X:   | Cortante: 0.00 kN   | Cumple |
| - En dirección Y:   | Cortante: 0.00 kN   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:  |   |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup><br>Calculado: 54.1 kN/m <sup>2</sup> | Cumple |
| <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>  |   |        |
| Canto mínimo:   |   |        |
| <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
|   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 100 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |        |
| - N305:   | Calculado: 92 cm<br>Mínimo: 90 cm                                   | Cumple |
| - N555:   | Mínimo: 30 cm   | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:  |   |        |
| <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0.0009<br>Calculado: 0.0009                                 | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0.0009   | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |   |        |
| <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.001<br>Mínimo: 0.0001                                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.0003  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0001  | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |   |        |
| <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   |   |        |
| - Parrilla inferior:  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm                                   | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm  | Cumple |
| Separación máxima entre barras:   |   |        |
| <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>   |   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 22 cm                                   | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm  | Cumple |

| Referencia: (N305 - N555)<br>Dimensiones: 235 x 235 x 100<br>Armados: Xi:Ø16c/22 Yi:Ø16c/22 Xs:Ø16c/22 Ys:Ø16c/22                                     |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 22 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                   |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 52 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 39 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 19 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 19 cm<br>Calculado: 43 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm                     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Calculado: 19 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Calculado: 19 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 19 cm                  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 19 cm                  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                   |        |

## Vigas

### - Descripción

| Referencias   | Geometría                        | Armado   |
|---|----------------------------------|--|
| C [(N38 - N522)-(N458 - N514)], C [(N68 - N521)-(N456 - N515)], C [(N98 - N523)-(N398 - N513)], C [(N128 - N524)-(N454 - N516)], C [(N188 - N526)-(N396 - N518)], C [(N96 - N534)-(N418 - N542)], C [(N126 - N533)-(N417 - N541)], C [(N156 - N532)-(N416 - N540)], C [(N186 - N531)-(N415 - N539)] y C [(N216 - N530)-(N414 - N538)] | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N158 - N525)-(N452 - N517)], C [(N36 - N536)-(N462 - N544)] y C [(N66 - N535)-(N419 - N543)]  | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N218 - N527)-(N450 - N519)]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |

| Referencias   | Geometría                        | Armado   |
|---|----------------------------------|--|
| C [(N38 - N522)-(N68 - N521)], C [(N68 - N521)-(N98 - N523)], C [(N128 - N524)-(N98 - N523)], C [(N128 - N524)-(N158 - N525)], C [(N158 - N525)-(N188 - N526)], C [(N188 - N526)-(N218 - N527)], C [(N458 - N514)-(N456 - N515)], C [(N456 - N515)-(N398 - N513)], C [(N398 - N513)-(N454 - N516)], C [(N454 - N516)-(N452 - N517)], C [(N452 - N517)-(N396 - N518)], C [(N396 - N518)-(N450 - N519)], C [(N462 - N544)-(N419 - N543)], C [(N418 - N542)-(N419 - N543)], C [(N418 - N542)-(N417 - N541)], C [(N416 - N540)-(N417 - N541)], C [(N416 - N540)-(N415 - N539)], C [(N415 - N539)-(N414 - N538)], C [(N36 - N536)-(N66 - N535)], C [(N66 - N535)-(N96 - N534)], C [(N96 - N534)-(N126 - N533)], C [(N126 - N533)-(N156 - N532)], C [(N156 - N532)-(N186 - N531)], C [(N186 - N531)-(N216 - N530)], C [(N248 - N278 - N281 - N528)-(N218 - N527)] y C [(N246 - N276 - N289 - N529)-(N216 - N530)] | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [N287-N286], C [N285-N286], C [N285-N284], C [N284-N283], C [N406-N405], C [N405-N404], C [N404-N403], C [N403-N402], C [N301-N300], C [N302-N301], C [N303-N302] y C [N304-N303]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N407 - N556)-N406], C [N402-(N400 - N566)], C [(N299 - N561)-N300], C [(N305 - N555)-N304], C [(N299 - N561)-(N3 - N8 - N298 - N511)] y C [(N1 - N6 - N306 - N512)-(N305 - N555)]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N305 - N555)-(N407 - N556)] y C [(N299 - N561)-(N400 - N566)]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [N304-N406], C [N302-N404], C [N301-N403], C [(N400 - N566)-(N458 - N514)], C [(N407 - N556)-(N462 - N544)], C [N303-N405] y C [(N38 - N522)-(N3 - N8 - N298 - N511)]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N36 - N536)-(N1 - N6 - N306 - N512)]  | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N282 - N394 - N520)-N283], C [(N282 - N394 - N520)-(N248 - N278 - N281 - N528)], C [(N288 - N460 - N537)-N287] y C [(N288 - N460 - N537)-(N246 - N276 - N289 - N529)]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |
| C [(N282 - N394 - N520)-(N450 - N519)] y C [(N288 - N460 - N537)-(N414 - N538)]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2Ø12<br>Inferior: 2Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |

**- Medición**

|   |                           |                  |                  |               |
|---|---------------------------|------------------|------------------|---------------|
| Referencias: C [(N38 - N522)-(N458 - N514)],<br>C [(N68 - N521)-(N456 - N515)], C [(N98 - N523)-(N398 - N513)],<br>C [(N128 - N524)-(N454 - N516)], C [(N188 - N526)-(N396 - N518)],<br>C [(N96 - N534)-(N418 - N542)], C [(N126 - N533)-(N417 - N541)],<br>C [(N156 - N532)-(N416 - N540)],<br>C [(N186 - N531)-(N415 - N539)] y C [(N216 - N530)-(N414 - N538)] |                           | B 500 S, Ys=1.15 |                  | Total         |
| Nombre de armado  |                           | Ø8               | Ø12              |               |
| Armado viga - Armado inferior   | Longitud (m)<br>Peso (kg) |                  | 2x4.50<br>2x4.00 | 9.00<br>7.99  |
| Armado viga - Armado superior   | Longitud (m)<br>Peso (kg) |                  | 2x4.50<br>2x4.00 | 9.00<br>7.99  |
| Armado viga - Estribo   | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 9x1.33<br>9x0.52 |                  | 11.97<br>4.72 |
| Totales   | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 11.97<br>4.72    | 18.00<br>15.98   | 20.70         |
| Total con mermas (10.00%)   | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 13.17<br>5.19    | 19.80<br>17.58   | 22.77         |
| Referencias: C [(N158 - N525)-(N452 - N517)],<br>C [(N36 - N536)-(N462 - N544)] y C [(N66 - N535)-(N419 - N543)]  |                           | B 500 S, Ys=1.15 |                  | Total         |
| Nombre de armado  |                           | Ø8               | Ø12              |               |
| Armado viga - Armado inferior   | Longitud (m)<br>Peso (kg) |                  | 2x5.18<br>2x4.60 | 10.36<br>9.20 |
| Armado viga - Armado superior   | Longitud (m)<br>Peso (kg) |                  | 2x5.18<br>2x4.60 | 10.36<br>9.20 |
| Armado viga - Estribo   | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 9x1.33<br>9x0.52 |                  | 11.97<br>4.72 |
| Totales   | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 11.97<br>4.72    | 20.72<br>18.40   | 23.12         |
| Total con mermas (10.00%)   | Longitud (m)<br>Peso (kg) | 13.17<br>5.19    | 22.79<br>20.24   | 25.43         |
| Referencia: C [(N218 - N527)-(N450 - N519)]   |                           | B 500 S, Ys=1.15 |                  | Total         |
| Nombre de armado  |                           | Ø8               | Ø12              |               |
| Armado viga - Armado inferior   | Longitud (m)<br>Peso (kg) |                  | 2x5.23<br>2x4.64 | 10.46<br>9.29 |
| Armado viga - Armado superior   | Longitud (m)<br>Peso (kg) |                  | 2x5.23<br>2x4.64 | 10.46<br>9.29 |

|  |              |                  |        |       |
|--|--------------|------------------|--------|-------|
| Referencia: C [(N218 - N527)-(N450 - N519)]  |              | B 500 S, Ys=1.15 |        | Total |
| Nombre de armado   |              | Ø8               | Ø12    |       |
| Armado viga - Estribo  | Longitud (m) | 9x1.33           |        | 11.97 |
|  | Peso (kg)    | 9x0.52           |        | 4.72  |
| Totales  | Longitud (m) | 11.97            | 20.92  | 23.30 |
|  | Peso (kg)    | 4.72             | 18.58  |       |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 13.17            | 23.01  | 25.63 |
|  | Peso (kg)    | 5.19             | 20.44  |       |
| Referencias: C [(N38 - N522)-(N68 - N521)], C [(N68 - N521)-(N98 - N523)], C [(N128 - N524)-(N98 - N523)], C [(N128 - N524)-(N158 - N525)], C [(N158 - N525)-(N188 - N526)], C [(N188 - N526)-(N218 - N527)], C [(N458 - N514)-(N456 - N515)], C [(N456 - N515)-(N398 - N513)], C [(N398 - N513)-(N454 - N516)], C [(N454 - N516)-(N452 - N517)], C [(N452 - N517)-(N396 - N518)], C [(N396 - N518)-(N450 - N519)], C [(N462 - N544)-(N419 - N543)], C [(N418 - N542)-(N419 - N543)], C [(N418 - N542)-(N417 - N541)], C [(N416 - N540)-(N417 - N541)], C [(N416 - N540)-(N415 - N539)], C [(N415 - N539)-(N414 - N538)], C [(N36 - N536)-(N66 - N535)], C [(N66 - N535)-(N96 - N534)], C [(N96 - N534)-(N126 - N533)], C [(N126 - N533)-(N156 - N532)], C [(N156 - N532)-(N186 - N531)], C [(N186 - N531)-(N216 - N530)], C [(N248 - N278 - N281 - N528)-(N218 - N527)] y C [(N246 - N276 - N289 - N529)-(N216 - N530)] |              | B 500 S, Ys=1.15 |        | Total |
| Nombre de armado   |              | Ø8               | Ø12    |       |
| Armado viga - Armado inferior  | Longitud (m) |                  | 2x6.30 | 12.60 |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x5.59 | 11.19 |
| Armado viga - Armado superior  | Longitud (m) |                  | 2x6.30 | 12.60 |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x5.59 | 11.19 |
| Armado viga - Estribo  | Longitud (m) | 9x1.33           |        | 11.97 |
|  | Peso (kg)    | 9x0.52           |        | 4.72  |
| Totales  | Longitud (m) | 11.97            | 25.20  | 27.10 |
|  | Peso (kg)    | 4.72             | 22.38  |       |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 13.17            | 27.72  | 29.81 |
|  | Peso (kg)    | 5.19             | 24.62  |       |
| Referencias: C [N287-N286], C [N285-N286], C [N285-N284], C [N284-N283], C [N406-N405], C [N405-N404], C [N404-N403], C [N403-N402], C [N301-N300], C [N302-N301], C [N303-N302] y C [N304-N303]   |              | B 500 S, Ys=1.15 |        | Total |
| Nombre de armado   |              | Ø8               | Ø12    |       |
| Armado viga - Armado inferior  | Longitud (m) |                  | 2x5.30 | 10.60 |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x4.71 | 9.41  |
| Armado viga - Armado superior  | Longitud (m) |                  | 2x5.30 | 10.60 |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x4.71 | 9.41  |
| Armado viga - Estribo  | Longitud (m) | 8x1.33           |        | 10.64 |
|  | Peso (kg)    | 8x0.52           |        | 4.20  |
| Totales  | Longitud (m) | 10.64            | 21.20  | 23.02 |
|  | Peso (kg)    | 4.20             | 18.82  |       |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 11.70            | 23.32  | 25.32 |
|  | Peso (kg)    | 4.62             | 20.70  |       |
| Referencias: C [(N407 - N556)-N406], C [N402-(N400 - N566)], C [(N299 - N561)-N300], C [(N305 - N555)-N304], C [(N299 - N561)-(N3 - N8 - N298 - N511)] y C [(N1 - N6 - N306 - N512)-(N305 - N555)]   |              | B 500 S, Ys=1.15 |        | Total |
| Nombre de armado   |              | Ø8               | Ø12    |       |
| Armado viga - Armado inferior  | Longitud (m) |                  | 2x4.30 | 8.60  |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x3.82 | 7.64  |
| Armado viga - Armado superior  | Longitud (m) |                  | 2x4.30 | 8.60  |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x3.82 | 7.64  |
| Armado viga - Estribo  | Longitud (m) | 6x1.33           |        | 7.98  |
|  | Peso (kg)    | 6x0.52           |        | 3.15  |
| Totales  | Longitud (m) | 7.98             | 17.20  | 18.43 |
|  | Peso (kg)    | 3.15             | 15.28  |       |
| Total con mermas (10.00%)  | Longitud (m) | 8.78             | 18.92  | 20.27 |
|  | Peso (kg)    | 3.47             | 16.80  |       |
| Referencias: C [(N305 - N555)-(N407 - N556)] y C [(N299 - N561)-(N400 - N566)]   |              | B 500 S, Ys=1.15 |        | Total |
| Nombre de armado   |              | Ø8               | Ø12    |       |
| Armado viga - Armado inferior  | Longitud (m) |                  | 2x2.80 | 5.60  |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x2.49 | 4.97  |
| Armado viga - Armado superior  | Longitud (m) |                  | 2x2.80 | 5.60  |
|  | Peso (kg)    |                  | 2x2.49 | 4.97  |

|  |  |              |         |                  |     |       |
|--|--|--------------|---------|------------------|-----|-------|
| Referencias: C [(N305 - N555)-(N407 - N556)] y C [(N299 - N561)-(N400 - N566)]   |  |              |         | B 500 S, Ys=1.15 |     | Total |
| Nombre de armado   |  |              |         | Ø8               | Ø12 |       |
| Armado viga - Estribo  |  | Longitud (m) | 4x1.33  |                  |     | 5.32  |
|  |  | Peso (kg)    | 4x0.52  |                  |     | 2.10  |
| Totales  |  | Longitud (m) | 5.32    | 11.20            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 2.10    | 9.94             |     | 12.04 |
| Total con mermas (10.00%)  |  | Longitud (m) | 5.85    | 12.32            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 2.31    | 10.93            |     | 13.24 |
| Referencias: C [N304-N406], C [N302-N404], C [N301-N403], C [(N400 - N566)-(N458 - N514)], C [(N407 - N556)-(N462 - N544)], C [N303-N405] y C [(N38 - N522)-(N3 - N8 - N298 - N511)]   |  |              |         | B 500 S, Ys=1.15 |     | Total |
| Nombre de armado   |  |              |         | Ø8               | Ø12 |       |
| Armado viga - Armado inferior  |  | Longitud (m) |         | 2x3.30           |     | 6.60  |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x2.93           |     | 5.86  |
| Armado viga - Armado superior  |  | Longitud (m) |         | 2x3.30           |     | 6.60  |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x2.93           |     | 5.86  |
| Armado viga - Estribo  |  | Longitud (m) | 3x1.33  |                  |     | 3.99  |
|  |  | Peso (kg)    | 3x0.52  |                  |     | 1.57  |
| Totales  |  | Longitud (m) | 3.99    | 13.20            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 1.57    | 11.72            |     | 13.29 |
| Total con mermas (10.00%)  |  | Longitud (m) | 4.39    | 14.52            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 1.73    | 12.89            |     | 14.62 |
| Referencia: C [(N36 - N536)-(N1 - N6 - N306 - N512)]   |  |              |         | B 500 S, Ys=1.15 |     | Total |
| Nombre de armado   |  |              |         | Ø8               | Ø12 |       |
| Armado viga - Armado inferior  |  | Longitud (m) |         | 2x3.01           |     | 6.02  |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x2.67           |     | 5.34  |
| Armado viga - Armado superior  |  | Longitud (m) |         | 2x3.01           |     | 6.02  |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x2.67           |     | 5.34  |
| Armado viga - Estribo  |  | Longitud (m) | 3x1.33  |                  |     | 3.99  |
|  |  | Peso (kg)    | 3x0.52  |                  |     | 1.57  |
| Totales  |  | Longitud (m) | 3.99    | 12.04            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 1.57    | 10.68            |     | 12.25 |
| Total con mermas (10.00%)  |  | Longitud (m) | 4.39    | 13.24            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 1.73    | 11.75            |     | 13.48 |
| Referencias: C [(N282 - N394 - N520)-N283], C [(N282 - N394 - N520)-(N248 - N278 - N281 - N528)], C [(N288 - N460 - N537)-N287] y C [(N288 - N460 - N537)-(N246 - N276 - N289 - N529)] |  |              |         | B 500 S, Ys=1.15 |     | Total |
| Nombre de armado   |  |              |         | Ø8               | Ø12 |       |
| Armado viga - Armado inferior  |  | Longitud (m) |         | 2x4.01           |     | 8.02  |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x3.56           |     | 7.12  |
| Armado viga - Armado superior  |  | Longitud (m) |         | 2x4.01           |     | 8.02  |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x3.56           |     | 7.12  |
| Armado viga - Estribo  |  | Longitud (m) | 6x1.33  |                  |     | 7.98  |
|  |  | Peso (kg)    | 6x0.52  |                  |     | 3.15  |
| Totales  |  | Longitud (m) | 7.98    | 16.04            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 3.15    | 14.24            |     | 17.39 |
| Total con mermas (10.00%)  |  | Longitud (m) | 8.78    | 17.64            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 3.47    | 15.66            |     | 19.13 |
| Referencias: C [(N282 - N394 - N520)-(N450 - N519)] y C [(N288 - N460 - N537)-(N414 - N538)]   |  |              |         | B 500 S, Ys=1.15 |     | Total |
| Nombre de armado   |  |              |         | Ø8               | Ø12 |       |
| Armado viga - Armado inferior  |  | Longitud (m) |         | 2x6.01           |     | 12.02 |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x5.34           |     | 10.67 |
| Armado viga - Armado superior  |  | Longitud (m) |         | 2x6.01           |     | 12.02 |
|  |  | Peso (kg)    |         | 2x5.34           |     | 10.67 |
| Armado viga - Estribo  |  | Longitud (m) | 11x1.33 |                  |     | 14.63 |
|  |  | Peso (kg)    | 11x0.52 |                  |     | 5.77  |
| Totales  |  | Longitud (m) | 14.63   | 24.04            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 5.77    | 21.34            |     | 27.11 |
| Total con mermas (10.00%)  |  | Longitud (m) | 16.09   | 26.44            |     |       |
|  |  | Peso (kg)    | 6.35    | 23.47            |     | 29.82 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento  | B 500 S, Ys=1.15 (kg) |          |         | Hormigón (m³) |          |
|---|-----------------------|----------|---------|---------------|----------|
|   | Ø8                    | Ø12      | Total   | HA-25, Yc=1.5 | Limpieza |
| Referencias: C [(N38 - N522)-(N458 - N514)],<br>C [(N68 - N521)-(N456 - N515)], C [(N98 - N523)-(N398 - N513)],<br>C [(N128 - N524)-(N454 - N516)], C [(N188 - N526)-(N396 - N518)],<br>C [(N96 - N534)-(N418 - N542)], C [(N126 - N533)-(N417 - N541)],<br>C [(N156 - N532)-(N416 - N540)],<br>C [(N186 - N531)-(N415 - N539)] y C [(N216 - N530)-(N414 - N538)]   | 10x5.19               | 10x17.58 | 227.70  | 10x0.38       | 10x0.09  |
| Referencias: C [(N158 - N525)-(N452 - N517)],<br>C [(N36 - N536)-(N462 - N544)] y C [(N66 - N535)-(N419 - N543)]  | 3x5.19                | 3x20.24  | 76.29   | 3x0.38        | 3x0.09   |
| Referencia: C [(N218 - N527)-(N450 - N519)]   | 5.19                  | 20.44    | 25.63   | 0.38          | 0.09     |
| Referencias: C [(N38 - N522)-(N68 - N521)],<br>C [(N68 - N521)-(N98 - N523)], C [(N128 - N524)-(N98 - N523)],<br>C [(N128 - N524)-(N158 - N525)], C [(N158 - N525)-(N188 - N526)],<br>C [(N188 - N526)-(N218 - N527)], C [(N458 - N514)-(N456 - N515)],<br>C [(N456 - N515)-(N398 - N513)], C [(N398 - N513)-(N454 - N516)],<br>C [(N454 - N516)-(N452 - N517)], C [(N452 - N517)-(N396 - N518)],<br>C [(N396 - N518)-(N450 - N519)], C [(N462 - N544)-(N419 - N543)],<br>C [(N418 - N542)-(N419 - N543)], C [(N418 - N542)-(N417 - N541)],<br>C [(N416 - N540)-(N417 - N541)], C [(N416 - N540)-(N415 - N539)],<br>C [(N415 - N539)-(N414 - N538)], C [(N36 - N536)-(N66 - N535)],<br>C [(N66 - N535)-(N96 - N534)], C [(N96 - N534)-(N126 - N533)],<br>C [(N126 - N533)-(N156 - N532)], C [(N156 - N532)-(N186 - N531)],<br>C [(N186 - N531)-(N216 - N530)],<br>C [(N248 - N278 - N281 - N528)-(N218 - N527)] y C [(N246 - N276 - N289 - N529)-(N216 - N530)] | 26x5.19               | 26x24.62 | 775.06  | 26x0.37       | 26x0.09  |
| Referencias: C [N287-N286], C [N285-N286], C [N285-N284],<br>C [N284-N283], C [N406-N405], C [N405-N404], C [N404-N403],<br>C [N403-N402], C [N301-N300], C [N302-N301],<br>C [N303-N302] y C [N304-N303]   | 12x4.62               | 12x20.70 | 303.84  | 12x0.31       | 12x0.08  |
| Referencias: C [(N407 - N556)-N406], C [N402-(N400 - N566)],<br>C [(N299 - N561)-N300], C [(N305 - N555)-N304],<br>C [(N299 - N561)-(N3 - N8 - N298 - N511)] y C [(N1 - N6 - N306 - N512)-(N305 - N555)]  | 6x3.46                | 6x16.81  | 121.62  | 6x0.23        | 6x0.06   |
| Referencias: C [(N305 - N555)-(N407 - N556)] y C [(N299 - N561)-(N400 - N566)]  | 2x2.31                | 2x10.93  | 26.48   | 2x0.10        | 2x0.03   |
| Referencias: C [N304-N406], C [N302-N404], C [N301-N403],<br>C [(N400 - N566)-(N458 - N514)], C [(N407 - N556)-(N462 - N544)],<br>C [N303-N405] y C [(N38 - N522)-(N3 - N8 - N298 - N511)]  | 7x1.73                | 7x12.89  | 102.34  | 7x0.06        | 7x0.01   |
| Referencia: C [(N36 - N536)-(N1 - N6 - N306 - N512)]  | 1.73                  | 11.75    | 13.48   | 0.08          | 0.02     |
| Referencias: C [(N282 - N394 - N520)-N283],<br>C [(N282 - N394 - N520)-(N248 - N278 - N281 - N528)],<br>C [(N288 - N460 - N537)-N287] y C [(N288 - N460 - N537)-(N246 - N276 - N289 - N529)]  | 4x3.47                | 4x15.66  | 76.52   | 4x0.23        | 4x0.06   |
| Referencias: C [(N282 - N394 - N520)-(N450 - N519)] y C [(N288 - N460 - N537)-(N414 - N538)]  | 2x6.35                | 2x23.47  | 59.64   | 2x0.48        | 2x0.12   |
| Totales   | 328.84                | 1479.76  | 1808.60 | 22.50         | 5.62     |

1.2.3.- Comprobación

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N38 - N522)-(N458 - N514)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                  |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N68 - N521)-(N456 - N515)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30  |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N98 - N523)-(N398 - N513)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30  |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N128 - N524)-(N454 - N516)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N128 - N524)-(N454 - N516)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N158 - N525)-(N452 - N517)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N188 - N526)-(N396 - N518)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |

|   |  |                      |
|---|--|----------------------|
| Referencia: C.1 [(N188 - N526)-(N396 - N518)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N218 - N527)-(N450 - N519)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N38 - N522)-(N68 - N521)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30   |  |                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                      |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N68 - N521)-(N98 - N523)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30   |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N128 - N524)-(N98 - N523)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30  |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N128 - N524)-(N158 - N525)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N128 - N524)-(N158 - N525)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N158 - N525)-(N188 - N526)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N188 - N526)-(N218 - N527)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N188 - N526)-(N218 - N527)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N458 - N514)-(N456 - N515)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N456 - N515)-(N398 - N513)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N398 - N513)-(N454 - N516)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N454 - N516)-(N452 - N517)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N452 - N517)-(N396 - N518)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N452 - N517)-(N396 - N518)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N396 - N518)-(N450 - N519)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N462 - N544)-(N419 - N543)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N462 - N544)-(N419 - N543)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N418 - N542)-(N419 - N543)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N418 - N542)-(N417 - N541)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N416 - N540)-(N417 - N541)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N416 - N540)-(N415 - N539)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N415 - N539)-(N414 - N538)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N415 - N539)-(N414 - N538)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N36 - N536)-(N66 - N535)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30   |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N66 - N535)-(N96 - N534)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30   |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N66 - N535)-(N96 - N534)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30   |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N96 - N534)-(N126 - N533)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30  |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N126 - N533)-(N156 - N532)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N156 - N532)-(N186 - N531)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N186 - N531)-(N216 - N530)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N36 - N536)-(N462 - N544)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30  |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N36 - N536)-(N462 - N544)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N66 - N535)-(N419 - N543)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N96 - N534)-(N418 - N542)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |

|   |  |                      |
|---|--|----------------------|
| Referencia: C.1 [(N96 - N534)-(N418 - N542)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30  |  |                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N126 - N533)-(N417 - N541)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N156 - N532)-(N416 - N540)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación  | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                      |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N186 - N531)-(N415 - N539)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N216 - N530)-(N414 - N538)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [N287-N286] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                   |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [N287-N286] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N285-N286] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N285-N284] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |

|  |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [N285-N284] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N284-N283] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N407 - N556)-N406] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [N406-N405] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [N405-N404] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [N404-N403] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|  |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [N404-N403] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N403-N402] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N402-(N400 - N566)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |

|  |  |                      |
|--|--|----------------------|
| Referencia: C.1 [N402-(N400 - N566)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                                  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N299 - N561)-N300] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                                  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                                  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                      |
| Referencia: C.1 [N301-N300] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |  |                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                                  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                                  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                      |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [N302-N301] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [N303-N302] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                         | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [N304-N303] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [N304-N303] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                   |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N305 - N555)-N304] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N305 - N555)-(N407 - N556)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N305 - N555)-(N407 - N556)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N304-N406] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                   |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N302-N404] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                   |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [N301-N403] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                             |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N299 - N561)-(N3 - N8 - N298 - N511)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N400 - N566)-(N458 - N514)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30           |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N400 - N566)-(N458 - N514)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N407 - N556)-(N462 - N544)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N299 - N561)-(N400 - N566)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |

|  |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N299 - N561)-(N400 - N566)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30          |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |
| Referencia: C.1 [N303-N405] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                            |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |
| Referencia: C.1 [(N38 - N522)-(N3 - N8 - N298 - N511)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                      |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N248 - N278 - N281 - N528)-(N218 - N527)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N1 - N6 - N306 - N512)-(N305 - N555)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30     |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N246 - N276 - N289 - N529)-(N216 - N530)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N246 - N276 - N289 - N529)-(N216 - N530)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                                       | Cumple           |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N36 - N536)-(N1 - N6 - N306 - N512)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30      |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N282 - N394 - N520)-N283] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |

|  |  |                      |
|--|--|----------------------|
| Referencia: C.1 [(N282 - N394 - N520)-N283] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                        |  |                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N282 - N394 - N520)-(N248 - N278 - N281 - N528)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                      |
| Referencia: C.1 [(N282 - N394 - N520)-(N450 - N519)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30               |  |                      |
| Comprobación   | Valores  | Estado               |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple               |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple               |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple               |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                      |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Referencia: C.1 [(N288 - N460 - N537)-N287] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30                        |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N288 - N460 - N537)-(N246 - N276 - N289 - N529)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |  |                  |
| Referencia: C.1 [(N288 - N460 - N537)-(N414 - N538)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30               |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Diámetro mínimo estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm   |                  |

|  |                                   |        |
|--|-----------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [(N288 - N460 - N537)-(N414 - N538)] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                   |        |
| Comprobación   | Valores                           | Estado |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                  | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                  | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                  | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                   |        |

### 3.1.11 Solera

Según la normativa NTE-RSS referente a soleras será necesario una solera ligera RSS-4 ya que el pabellón poseerá zonas de tránsito de personas con una sobrecarga estática máxima prevista de  $1\text{t/m}^2$ . A continuación, se indican sus especificaciones:

-Estará formado por arena de río, con tamaño de grano de 0.5 cm formando una capa de 10 cm de espesor, que se enrasará una vez compactada.

-Lámina aislante de polietileno.

-Hormigón de resistencia característica  $25\text{ N/mm}^2$  formando una capa de 15 cm de espesor, extendido sobre la lámina aislante. El curado se realizará mediante riego que no produzca deslavado.

Se dispondrá de juntas de contracción así como juntas de separación.

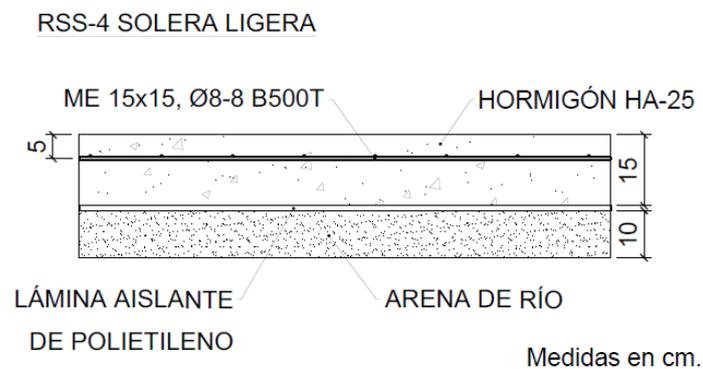


Figura 94 Solera.

### 3.1.12 Suministro de agua

El agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano. Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben ajustarse a los siguientes requisitos:

- a) para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por la el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero;
- b) no deben modificar la potabilidad, el olor, el color ni el sabor del agua;
- c) deben ser resistentes a la corrosión interior;
- d) deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas;
- e) no deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí;
- f) deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40°C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato;
- g) deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano;
- h) su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.

La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuren en la siguiente tabla:

| Tipo de aparato                        | Caudal instantáneo mínimo de agua fría<br>[dm <sup>3</sup> /s] | Caudal instantáneo mínimo de ACS<br>[dm <sup>3</sup> /s] |
|--|--|--|
| Lavamanos                              | 0,05   | 0,03   |
| Lavabo                                 | 0,10   | 0,065  |
| Ducha                                  | 0,20   | 0,10   |
| Bañera de 1,40 m o más                 | 0,30   | 0,20   |
| Bañera de menos de 1,40 m              | 0,20   | 0,15   |
| Bidé                                   | 0,10   | 0,065  |
| Inodoro con cisterna                   | 0,10   | -  |
| Inodoro con flushor                    | 1,25   | -  |
| Urinaris con grifo temporizado         | 0,15   | -  |
| Urinaris con cisterna (c/u)            | 0,04   | -  |
| Fregadero doméstico                    | 0,20   | 0,10   |
| Fregadero no doméstico                 | 0,30   | 0,20   |
| Lavavajillas doméstico                 | 0,15   | 0,10   |
| Lavavajillas industrial (20 servicios) | 0,25   | 0,20   |
| Lavadero                               | 0,20   | 0,10   |
| Lavadora doméstica                     | 0,20   | 0,15   |
| Lavadora industrial (8 kg)             | 0,60   | 0,40   |
| Grifo aislado                          | 0,15   | 0,10   |
| Grifo garaje                           | 0,20   | -  |
| Vertedero                              | 0,20   | -  |

Tabla 30 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

**1.- Agua fría**

A partir de la tabla siguiente se obtiene el diámetro de la tubería de PVC de la instalación completa para el suministro de agua fría:

| <b>Tabla 1</b>          |                | <b>N.º total de grifos servidos por el tramo</b> |    |    |    |    |     |     |     |      |      |      |
|-------------------------|----------------|--|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| <b>Uso del edificio</b> | <b>Público</b> | 3  | 8  | 15 | 33 | 51 | 99  | 206 | 322 | 663  | 1217 | 2008 |
|                         | <b>Privado</b> | 3  | 9  | 18 | 42 | 67 | 134 | 291 | 409 | 1027 | 1929 | 3286 |
| <b>Tipo de tubería</b>  | <b>Acero</b>   | 15   | 20 | 25 | 32 | 40 | 50  | 65  | 80  | 100  | 125  | 150  |
|                         | <b>Cobre</b>   | 10   | 15 | 20 | 25 | 30 | 40  | 60  | 80  | 100  | 125  | 150  |
|                         | <b>o PVC</b>   | <b>Diámetro D en mm</b>                          |    |    |    |    |     |     |     |      |      |      |

Tabla 31 Diámetro de la tubería según el número de grifos.

Para los vestuarios de la zona del gimnasio se obtiene un total de 19 grifos por lo que se escogerá un tubo de PVC de diámetro 25mm. Para la zona principal del polideportivo existen 65 grifos, es decir, se utilizará una tubería de diámetro 40mm para dicha zona. Finalmente, para los baños de la segunda planta existen 27 grifos, osea un diámetro de 25 mm.

**2.- Agua caliente**

A partir de la tabla siguiente se obtiene el diámetro de la tubería de PVC de la instalación completa para el suministro de agua caliente:

| <b>Tabla 1</b>          |                | <b>Número de grifos servidos por el tramo</b> |    |    |    |    |     |     |     |      |      |      |
|-------------------------|----------------|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| <b>Uso del edificio</b> | <b>Público</b> | 3   | 8  | 15 | 33 | 51 | 99  | 206 | 322 | 663  | 1217 | 2008 |
|                         | <b>Privado</b> | 3   | 9  | 18 | 42 | 67 | 134 | 291 | 469 | 1027 | 1929 | 3286 |
| <b>Tipo de tubería</b>  | <b>Acero</b>   | 15  | 20 | 25 | 32 | 40 | 50  | 65  | 80  | 100  | 125  | 150  |
|                         | <b>Cobre</b>   | 18  | 22 | 28 | 36 | 42 | 50  | 60  | 80  | 100  | 125  | 160  |
|                         |                | <b>Diámetro D en mm</b>                       |    |    |    |    |     |     |     |      |      |      |

Tabla 32 Diámetro de la tubería según el número de grifos servidos.

Para los vestuarios de la zona del gimnasio se obtiene un total de 6 grifos por lo se escogerá un tubo de diámetro 22mm, para la zona principal existen 33 grifos, es decir, un diámetro de 36mm y para la segunda planta no existirá suministro de agua caliente al no existir duchas.

### 3.1.13 Evacuación de aguas

Para el dimensionamiento de la instalación de evacuación de aguas se hará uso de la normativa del código técnico teniendo en cuenta por un lado, la red de aguas residuales y por otro, la red de aguas pluviales. Para ello, se utilizará el Documento Básico HS Salubridad que a su vez deriva al uso del NTE-ISS.

#### 3.1.13.1 Dimensionamiento de la red de evacuación de aguas residuales

##### 1.- Red de pequeña evacuación de aguas residuales

##### 1.1- Derivaciones individuales

Para el dimensionamiento de la red de evacuación de aguas residuales, la adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales se establecen en la siguiente tabla en función del uso:

| Tipo de aparato sanitario                       | Unidades de desagüe UD            |             | Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm) |             |
|---|-----------------------------------|-------------|--|-------------|
|   | Uso privado                       | Uso público | Uso privado  | Uso público |
| Lavabo  | 1                                 | 2           | 32   | 40          |
| Bidé  | 2                                 | 3           | 32   | 40          |
| Ducha   | 2                                 | 3           | 40   | 50          |
| Bañera (con o sin ducha)                        | 3                                 | 4           | 40   | 50          |
| Inodoro   | Con cisterna                      | 4           | 5  | 100         |
|   | Con fluxómetro                    | 8           | 10   | 100         |
| Urinario  | Pedestal                          | -           | 4  | 50          |
|   | Suspendido                        | -           | 2  | 40          |
|   | En batería                        | -           | 3,5  | -           |
| Fregadero                                       | De cocina                         | 3           | 6  | 40          |
|   | De laboratorio, restaurante, etc. | -           | 2  | -           |
| Lavadero  | 3                                 | -           | 40   | -           |
| Vertedero                                       | -                                 | 8           | -  | 100         |
| Fuente para beber                               | -                                 | 0,5         | -  | 25          |
| Sumidero sifónico                               | 1                                 | 3           | 40   | 50          |
| Lavavajillas                                    | 3                                 | 6           | 40   | 50          |
| Lavadora  | 3                                 | 6           | 40   | 50          |
| Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé) | Inodoro con cisterna              | 7           | -  | 100         |
|   | Inodoro con fluxómetro            | 8           | -  | 100         |
| Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)        | Inodoro con cisterna              | 6           | -  | 100         |
|   | Inodoro con fluxómetro            | 8           | -  | 100         |

Tabla 33 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios.

En el polideportivo existen:

- 2xVestuarios hombre pista polideportivo → 6 inodoros, 10 urinarios, 16 duchas y 6 lavabos
- 2xVestuarios mujer pista polideportivo → 8 inodoros, 16 duchas y 6 lavabos
- Vestuario árbitro → 1 inodoro, 1 ducha y 1 lavabo
- Vestuario hombre gimnasio → 2 inodoros, 3 urinarios, 3 duchas y 3 lavabos
- Vestuario mujer gimnasio → 2 inodoros, 3 duchas y 3 lavabos
- Aseo hombre planta superior → 5 inodoros, 6 urinarios y 4 lavabos
- Aseo mujer planta superior → 8 inodoros y 4 lavabos

Según el número de UD se irán dimensionando los diámetros anteriores para un uso público (ver planos).

### 1.2.- Ramales colectores

Según el número de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector se obtiene el diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante a través de la tabla siguiente. En los planos se podrá ver los diámetros obtenidos para una pendiente del 2 %.

| Máximo número de UD |       |       | Diámetro (mm) |
|---------------------|-------|-------|---------------|
| Pendiente           |       |       |               |
| 1 %                 | 2 %   | 4 %   |               |
| -                   | 1     | 1     | 32            |
| -                   | 2     | 3     | 40            |
| -                   | 6     | 8     | 50            |
| -                   | 11    | 14    | 63            |
| -                   | 21    | 28    | 75            |
| 47                  | 60    | 75    | 90            |
| 123                 | 151   | 181   | 110           |
| 180                 | 234   | 280   | 125           |
| 438                 | 582   | 800   | 160           |
| 870                 | 1.150 | 1.680 | 200           |

Tabla 34 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante.

### 1.2.- Bajantes de aguas residuales

El diámetro de las bajantes se obtiene en la tabla de a continuación como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas.

| Máximo número de UD, para una altura de bajante de: |                  | Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de: |                  | Diámetro (mm) |
|---|------------------|---|------------------|---------------|
| Hasta 3 plantas                                     | Más de 3 plantas | Hasta 3 plantas   | Más de 3 plantas |               |
| 10  | 25               | 6   | 6                | 50            |
| 19  | 38               | 11  | 9                | 63            |
| 27  | 53               | 21  | 13               | 75            |
| 135   | 280              | 70  | 53               | 90            |
| 360   | 740              | 181   | 134              | 110           |
| 540   | 1.100            | 280   | 200              | 125           |
| 1.208   | 2.240            | 1.120   | 400              | 160           |
| 2.200   | 3.600            | 1.680   | 600              | 200           |
| 3.800   | 5.600            | 2.500   | 1.000            | 250           |
| 6.000   | 9.240            | 4.320   | 1.650            | 315           |

Tabla 35 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD.

De la tabla se obtiene que a partir de 162 UD existentes en los aseos de la planta superior y para una altura de bajante de hasta 3 plantas el diámetro de las bajantes será de 110mm.

### 1.3.- Arquetas

Una arqueta es un pequeño depósito utilizado para recibir, enlazar y distribuir canalizaciones o conductos subterráneos; suelen estar enterradas y tienen una tapa en la parte superior para poder registrarlas y limpiar su interior de impurezas. Se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta.

| L x A [cm] | Diámetro del colector de salida [mm] |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | 100                                  | 150     | 200     | 250     | 300     | 350     | 400     | 450     | 500     |
|            | 40 x 40                              | 50 x 50 | 60 x 60 | 60 x 70 | 70 x 70 | 70 x 80 | 80 x 80 | 80 x 90 | 90 x 90 |

Tabla 36 Dimensiones de las arquetas.

En los planos se observa que el diámetro de colector más grande obtenido es de 160mm por lo que se colocará una arqueta de 60 x 60 x 60 cm para toda la instalación.

### 3.1.13.2 Dimensionamiento de la red de evacuación de aguas pluviales

#### 1.- Red de pequeña evacuación de aguas pluviales

El área de la superficie de paso del elemento filtrante de una caldereta debe estar comprendida entre 1,5 y 2 veces la sección recta de la tubería a la que se conecta. El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado a continuación en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven.

| Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) | Número de sumideros       |
|---|---------------------------|
| S < 100   | 2                         |
| 100 ≤ S < 200   | 3                         |
| 200 ≤ S < 500   | 4                         |
| S > 500   | 1 cada 150 m <sup>2</sup> |

Tabla 37 Número de sumideros.

Como la superficie de la cubierta en proyección horizontal es de 42m · 51m = 2.142 m<sup>2</sup> se dispondrá de un sumidero cada 150 m<sup>2</sup>, es decir, 2.142/150 ≈ 14 sumideros. Esto implica que se colocarán 7 sumideros a ambos laterales del pabellón.

#### 2.- Canalones

Un canalón es un canal de sección semicircular o cuadrada que conduce el agua de lluvia de una cubierta hasta un bajante pluvial. El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla siguiente en función de su pendiente y de la superficie que sirve.

| Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) |     |     |     | Diámetro nominal del canalón (mm) |
|--|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| Pendiente del canalón  |     |     |     |                                   |
| 0.5 %  | 1 % | 2 % | 4 % |                                   |
| 35   | 45  | 65  | 95  | 100                               |
| 60   | 80  | 115 | 165 | 125                               |
| 90   | 125 | 175 | 255 | 150                               |
| 185  | 260 | 370 | 520 | 200                               |
| 335  | 475 | 670 | 930 | 250                               |

Tabla 38 Diámetro del canalón.

Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h (véase el Anexo B), debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que:  $f = i / 100$  siendo, i la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

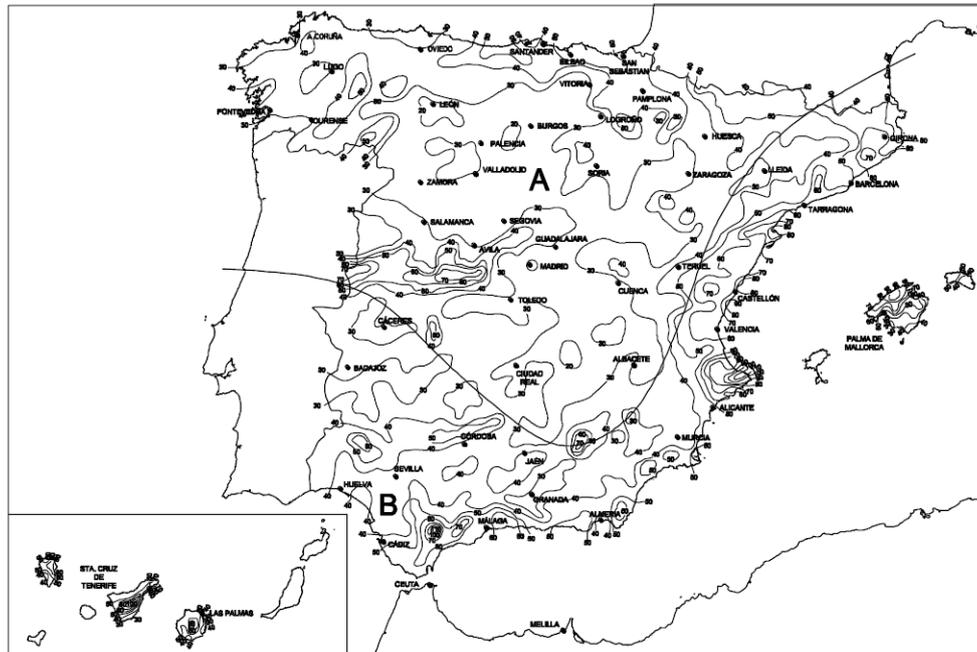


Figura 95 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.



Figura 96 Isoyeta de 50 para la localidad de Santurtzi.

| Isoyeta | 10 | 20 | 30 | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 |
|---------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Zona A  | 30 | 65 | 90 | 125 | 155 | 180 | 210 | 240 | 275 | 300 | 330 | 365 |
| Zona B  | 30 | 50 | 70 | 90  | 110 | 135 | 150 | 170 | 195 | 220 | 240 | 265 |

Tabla 39 Intensidad pluviométrica  $i$  (mm/h).

A partir del apéndice B, se obtiene que la intensidad pluviométrica correspondiente a la localidad de Santurtzi es de 155 mm/h en función de la isoyeta (50) y de la zona pluviométrica (zona A). Por lo que se aplicará un factor de corrección  $f=155/100=1,55 \rightarrow S_T = 1,55 \cdot 2.142/2$  (un lado de la cubierta) = 1,660 m<sup>2</sup>.

Como se puede observar, no existe dicha superficie en la tabla 39 por lo que se interpolará para una pendiente de 2% obteniendo un valor de 412 mm de diámetro nominal de canalón.

**3.- Bajantes de aguas pluviales**

Una bajante es un tubo vertical a menudo de metal, que conduce hacia abajo el agua de la lluvia hasta una cisterna o el suelo. El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, se obtiene:

| Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> ) | Diámetro nominal de la bajante (mm) |
|---|-------------------------------------|
| 65  | 50                                  |
| 113   | 63                                  |
| 177   | 75                                  |
| 318   | 90                                  |
| 580   | 110                                 |
| 805   | 125                                 |
| 1.544   | 160                                 |
| 2.700   | 200                                 |

Tabla 40 Diámetro de los bajante de aguas pluviales.

Análogamente al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente. Por ello, para una superficie de 1.660 m<sup>2</sup> se usará un diámetro nominal de la bajante de 200 mm.

**4.- Colectores de aguas pluviales**

Se denomina colector o alcantarilla colectora al conducto del alcantarillado público en el que vierten sus aguas diversos ramales de una alcantarilla y se construye bajo tierra. Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente. El diámetro se obtiene en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

| Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) |       |       | Diámetro nominal del colector (mm) |
|---|-------|-------|------------------------------------|
| Pendiente del colector                  |       |       |                                    |
| 1 %                                     | 2 %   | 4 %   |                                    |
| 125                                     | 178   | 253   | 90                                 |
| 229                                     | 323   | 458   | 110                                |
| 310                                     | 440   | 620   | 125                                |
| 614                                     | 862   | 1.228 | 160                                |
| 1.070                                   | 1.510 | 2.140 | 200                                |
| 1.920                                   | 2.710 | 3.850 | 250                                |
| 2.016                                   | 4.589 | 6.500 | 315                                |

Tabla 41 Diámetro de los colectores de aguas pluviales.

Para una pendiente de 2% y una superficie de 1.660 m<sup>2</sup> se tomará un diámetro nominal del colector de 250 mm.

**5.- Arquetas**

Se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta.

| L x A [cm] | Diámetro del colector de salida [mm] |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | 100                                  | 150     | 200     | 250     | 300     | 350     | 400     | 450     | 500     |
|            | 40 x 40                              | 50 x 50 | 60 x 60 | 60 x 70 | 70 x 70 | 70 x 80 | 80 x 80 | 80 x 90 | 90 x 90 |

Tabla 42 Dimensiones de las arquetas.

Para un diámetro de colector de 250 mm la dimensión de la arqueta será de 60 x 70 x 70 cm.