



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

INDUSTRIA INGENIARITZA TERNIKOKO ATALA

SECCIÓN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

## GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UN FRONTÓN CUBIERTO EN  
ESPINOSA DE LOS MONTEROS

### DOCUMENTO 3: ANEXOS

#### DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE JULIÁN

APELLIDOS RUIZ MARTIN

FDO.:

FECHA: 19-06-2017

#### DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE IÑAKI

APELLIDOS MARCOS RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 19-06-2017



## **DOCUMENTO 3: ANEXOS**

### **ANEXO: CÁLCULOS**



## GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UN FRONTÓN CUBIERTO EN  
ESPINOSA DE LOS MONTEROS

### ANEXO: CÁLCULOS

#### DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE JULIÁN  
APELLIDOS RUIZ MARTIN  
DNI 13172073-L

FDO.:

FECHA: 19-06-2017

#### DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE IÑAKI  
APELLIDOS MARCOS RODRÍGUEZ  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 19-06-2017



## ANEXO: CÁLCULOS

**INDICE CÁLCULOS**

1. Introducción .....	1
2. Datos de partida .....	1
3. Acciones en la edificación .....	4
3.1. Acciones permanentes .....	4
3.1.1. Peso propio .....	4
3.2. Acciones variables .....	4
3.2.1. Sobrecarga de uso .....	4
3.2.2. Viento .....	5
3.2.3. Acciones térmicas .....	6
3.2.4. Nieve .....	6
3.3. Acciones accidentales .....	7
3.3.1. Sismo .....	7
3.3.2. Incendio .....	8
3.3.3. Impacto .....	9
4. Combinación de acciones .....	9
5. Estructura metálica .....	11
5.1. Cerramientos de la estructura .....	11
5.1.1. Cubierta .....	11
5.1.1.1. Cálculos de la cubierta .....	14
5.1.1.1.1. Acciones .....	14
5.1.1.1.2. Resumen de acciones .....	31
5.1.1.1.3. Combinaciones de carga .....	32
5.1.1.1.4. Validación de la cubierta .....	34
5.1.2. Fachada .....	35
5.1.2.1. Cálculos de la fachada .....	37
5.1.2.1.1. Acciones .....	38
5.1.2.1.2. Resumen de acciones .....	43
5.1.2.1.3. Combinaciones de carga .....	43
5.1.2.1.4. Validación de la fachada .....	44
5.2. Correas .....	45
5.2.1. Correas de cubierta .....	45
5.2.2. Correas de fachada .....	53
5.2.3. Resumen de correas .....	59
5.3. Dimensionamiento de pórticos .....	60

5.3.1. Pandeo .....	61
5.3.1.1. Coeficientes de pandeo en pórticos tipo .....	64
5.3.1.2. Coeficientes de pandeo en pórticos hastiales .....	68
5.3.1.3. Coeficientes de pandeo en elementos estructurales longitudinales .....	70
5.3.2. Pandeo lateral .....	71
5.3.3. Deformaciones. Flechas y desplazamientos horizontales .....	73
5.3.4. Cargas actuantes .....	76
5.3.4.1. Cargas gravitatorias .....	76
5.3.4.2. Cargas de viento .....	80
5.3.5. Resultados .....	84
5.3.5.1. Pórticos intermedios .....	85
5.3.5.1.1. Dintel pórtico tipo .....	85
5.3.5.1.2. Pilar largo pórtico tipo .....	111
5.3.5.1.3. Pilar corto pórtico tipo .....	137
5.3.5.2. Pórticos hastiales .....	159
5.3.5.2.1. Dintel hastial .....	159
5.3.5.2.2. Pilar largo hastial .....	185
5.3.5.2.3. Pilar corto hastial .....	211
5.3.5.2.4. Pilarillo hastial .....	232
5.3.5.3. Estructura secundaria .....	251
5.3.5.3.1. Viga de atado - Bastidor para cruces de San Andrés .....	251
5.3.5.3.2. Tirante cruces de San Andrés lateral .....	267
5.3.5.3.3. Tirante cruces de San Andrés alero, inferior .....	272
5.3.5.3.4. Tirante cruces de San Andrés alero, cumbre .....	277
5.3.5.4. Comprobaciones E.L.U. de todas las barras .....	282
6. Estructura de hormigón .....	290
6.1. Dimensionamiento del muro de hormigón armado .....	291
6.1.1. Cargas actuantes .....	291
6.1.2. Combinaciones de carga .....	292
6.1.3. Resultados .....	293
6.2. Dimensionamiento de pilares de hormigón armado .....	299
6.2.1. Pandeo .....	299
6.2.1.1. Coeficientes de pandeo en pórticos tipo .....	300
6.2.1.2. Coeficientes de pandeo en pórticos hastiales .....	302
6.2.2. Desplazamientos horizontales .....	303
6.2.3. Cargas actuantes .....	304
6.2.3.1. Cargas gravitatorias .....	304
6.2.3.2. Cargas de viento .....	305

6.2.4. Resultados.....	309
6.2.4.1. Listado de armados.....	310
6.2.4.2. Comprobaciones E.L.U. y E.L.S.....	311
6.2.4.2.1. Pilares P3 y P4.....	311
6.2.4.2.2. Pilares P2 y P5.....	345
6.2.4.2.3. Pilares P1 y P6.....	346
6.2.4.2.4. Pilares P7 y P8.....	348
6.2.4.2.5. Pilares P9, P10, P11, P12 y P13.....	349
6.2.4.3. Resumen comprobaciones E.L.U. y E.L.S.....	351
7. Uniones.....	358
7.1. Uniones en correas.....	363
7.2. Uniones de la estructura metálica.....	364
7.2.1. Pórticos intermedios.....	365
7.2.2. Pórticos hastiales.....	399
7.2.3. Estructura secundaria.....	434
7.3. Comprobación en placas de anclaje.....	457
8. Cimentación.....	485
8.1. Resultados.....	489
8.1.1. Comprobación zapatas aisladas.....	490
8.1.2. Comprobación vigas de atado.....	509
8.1.3. Comprobación zapatas corridas.....	510
9. Solera.....	515
10. Instalaciones.....	516
10.1. Estructura auxiliar.....	516
10.2. Graderío.....	531
10.3. Suministro de agua.....	535
10.4. Evacuación de aguas.....	539
10.4.1. Canalones.....	540
10.4.2. Bajantes de aguas pluviales.....	541
10.4.3. Sumideros.....	541
10.4.4. Colectores de aguas pluviales.....	541
10.4.5. Arquetas.....	542



## ANEXO. CÁLCULOS

### 1. Introducción

En el presente documento se desarrolla la justificación de las soluciones adoptadas en el diseño y dimensionamiento de los elementos que componen la estructura y las instalaciones del edificio deportivo proyectado, estableciendo las hipótesis de partida, acciones actuantes, combinaciones de carga, criterios y procedimientos de cálculo llevados a cabo, así como los resultados finales, acompañados de las comprobaciones pertinentes, obtenidos para los distintos elementos que constituyen la edificación.

Los cálculos han sido realizados con ayuda del software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción “CYPE Ingenieros” en su Versión 2017, concretamente utilizando los módulos “CYPECAD”, “Generador de Pórticos” y “CYPE 3D”. Cabe destacar que para el cálculo de ciertos elementos de la estructura también se ha empleado el software “Cespla”.

Los cálculos que se han llevado a cabo siguen las indicaciones del “Código Técnico de la Edificación” (CTE) y todos sus “Documentos Básicos” (DB) así como la “Instrucción Española del Hormigón estructural” (EHE-08) en la parte que le corresponde.

### 2. Datos de partida

El dimensionamiento de la edificación deportiva dependerá principalmente de las dimensiones del espacio de juego que albergará, concretamente de las dimensiones de los tres paramentos verticales que forman el espacio de juego y que, en este caso, también formaran parte del edificio. Estas dimensiones vienen establecidas por la Normativa sobre Instalaciones Deportivas y de Esparcimiento (NIDE) del Consejo Superior de Deportes y la Normativa de Instalaciones Deportivas de Pelota Vasca (NIDEPV) y, para un Frontón Corto Cubierto de 30 metros, pueden considerarse las siguientes:

- Frontis y Rebote:
  - Altura: 12 m.
  - Anchura: 14 m.
  
- Pared Izquierda:
  - Altura: 12 m.
  - Longitud: 30 m.

Según esto y según programa de necesidades para la instalación en cuestión, las consideraciones iniciales que se han tenido en cuenta para realizar el dimensionamiento de la edificación deportiva son las siguientes:

- Nave con estructura mixta (paredes de juego de hormigón y resto de estructura metálica)
- Cubierta a dos aguas
- Longitud: 30 m.
- Luz: 18 m.
- Distancia entre pórticos: 5 m.
- Altura libre: 12,5 m.
- Altura en cumbrera: 14,5 m.
- Inclinación de la cubierta: 21,62 % (12,2º respecto a la horizontal)
- Cubierta:
  - Panel sándwich sobre correas.
- Fachadas:
  - Hasta los 4,50 metros de altura: Muro perimetral de bloques de hormigón prefabricado.
  - A partir de los 4,50 metros: Panel sándwich sobre correas.
  - Pared izquierda, Frontis y Rebote: Hormigón armado in-situ.
- Junta de dilatación:
  - Según las disposiciones del CTE se prohíbe la existencia de elementos longitudinales continuos de más de 40 m de longitud, por lo que no se considera necesaria la colocación de una junta de dilatación en el edificio ya que la longitud del mismo es inferior a 40 m.
- Ubicación: Complejo Deportivo C/La Riva s/n
- Población: Espinosa de los Monteros (Burgos)
- Situación topográfica: Normal
- Zona eólica: C (Anejo D. Acción del Viento, DB SE-AE del CTE)
- Zona climática: 1 (Anejo E. Datos climáticos, DB SE-AE del CTE)
- Tensión admisible del terreno: 2,00 kg/cm<sup>2</sup>
- Descripción general:
  - La edificación estará formada por 7 pórticos que, con una distancia de 5 metros entre pórticos, darán lugar a la longitud total de 30 m. Los pórticos por un lado apoyarán en la cimentación mientras que por el otro lo harán sobre la estructura de hormigón que formará el espacio de juego.
  - La elección del tipo de pórtico se ha hecho teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos así como las dimensiones de la estructura (altura de pilares, luz a cubrir, etc.) y el uso de la misma.

Los pórticos más empleados en este tipo de construcciones de estructura metálica se pueden dividir en tres tipos principalmente: pórticos de alma llena con perfiles de sección constante, formando triangulaciones (celosías) o pórticos de alma llena con perfiles de sección variable.

La última opción queda descartada ya que los perfiles de sección variable se emplean para distancias entre pórticos a partir de 8 - 10 metros, y la distancia entre los pórticos de la presente edificación es de 5 metros.

En cuanto a los pórticos con cercha, aunque esta solución en principio cuenta con mayor número de barras, puede reducirse la sección de estas consiguiendo un peso total en acero menor que podría competir con las dos soluciones anteriores. Aun así, se decide descartar esta solución ya que este tipo de pórticos suelen emplearse para grandes luces, a partir de los 20 metros, y niveles de carga elevados teniendo la presente edificación una luz de 18 metros.

Se decide emplear, por tanto, pórticos de alma llena con perfiles de sección constante en la estructura debido a su sencillez de construcción, la estandarización de esta y las dimensiones de la estructura.

### **3. Acciones en la edificación**

A continuación se exponen las acciones a las que va a estar sometida la estructura de la edificación según el Documento Básico (SE-AE) “Acciones en la edificación” del CTE.

#### **3.1. Acciones permanentes**

##### **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 (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) 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 nominales y de los pesos específicos medios.

Por último, indicar que es una acción gravitatoria y que, por lo tanto, actúa verticalmente.

#### **3.2. Acciones variables**

##### **3.2.1. Sobrecarga de uso**

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

La sobrecarga de uso debida a equipos pesados, o a la acumulación de materiales, no está recogida en los valores contemplados en el DB SE-AE, debiendo determinarse de acuerdo con los valores del suministrador o las exigencias de la propiedad.

Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla 3.1 extraída del apartado 3.1.1 “Valores de la sobrecarga” del DB SE-AE (Tabla A.1). Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado.

Tabla A.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	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
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)(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

<sup>(1)</sup> Deben descomponerse en dos cargas concentradas de 10 kN separadas entre sí 1,8 m. Alternativamente dichas cargas se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemente distribuida en la totalidad de la zona de 3,0 kN/m<sup>2</sup> para el cálculo de elementos secundarios, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de 2,0 kN/m<sup>2</sup> para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos, y de 1,0 kN/m<sup>2</sup> para el de elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.

<sup>(2)</sup> En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.

<sup>(3)</sup> Para cubiertas con un inclinación entre 20° y 40°, el valor de q<sub>k</sub> se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.

<sup>(4)</sup> El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.

<sup>(5)</sup> Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m<sup>2</sup>.

<sup>(6)</sup> Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m<sup>2</sup> y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.

<sup>(7)</sup> Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

### 3.2.2. 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.

La acción de viento es, en general, una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o superficie donde actúa. La presión estática, q<sub>e</sub> puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

siendo:

- $q_b$  la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D del DB SE-AE., en función del emplazamiento geográfico de la obra.
- $c_e$  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. Se determina de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.3.3 del DB SE-AE.
- $c_p$  el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en los apartados 3.3.4 y 3.3.5 del DB SE-AE.

### 3.2.3. 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 las 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. En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, 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 otro tipo de edificios, los DB incluyen la distancia máxima entre juntas de dilatación en función de las características del material utilizado.

### 3.2.4. Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

El valor de la sobrecarga de nieve se determina atendiendo a lo establecido en el apartado 3.5 del DB SE-AE del CTE. En éste, se establecen los modelos de carga para el depósito natural de la nieve, debiendo tenerse en cuenta las condiciones constructivas particulares que faciliten la acumulación de nieve.

En cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m<sup>2</sup>. En otros casos o en estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal,  $q_n$ , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:

- $\mu$  el coeficiente de forma de la cubierta según el apartado 3.5.3 del DB SE-AE.
- $s_k$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según el apartado 3.5.2 del DB SE-AE.

### 3.3. Acciones accidentales

#### 3.3.1. Sismo

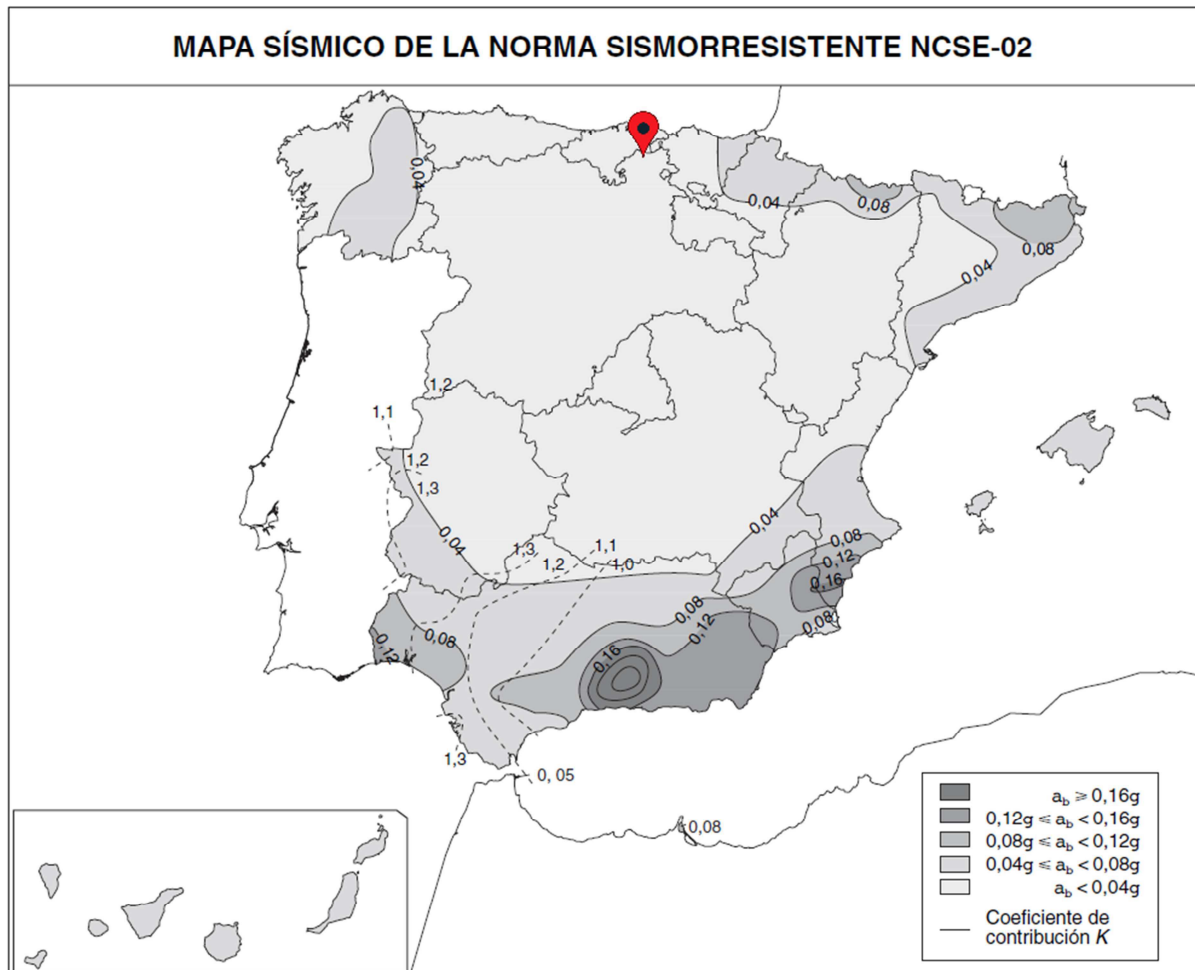
Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE-02, “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación”.

De acuerdo al artículo 1.2.3. de dicha norma, su aplicación no es obligatoria en los siguientes casos:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a 0,04g, siendo “g” la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a 0,08g.

Según la norma, la edificación a proyectar puede considerarse de acuerdo con el uso a que se destina y los daños que puede ocasionar su destrucción como una construcción de Importancia Normal (*“Aquellas cuya destrucción por el terremoto puedan ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos”*).

Además, si acudimos al mapa de peligrosidad sísmica del territorio nacional que aparece en la norma, este nos suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, “g”, la aceleración sísmica básica  $a_b$  de la zona donde se ubica el presente proyecto. (La norma también incluye en su Anejo 1 una lista detallada por municipios con los valores de la aceleración sísmica básica iguales o superiores a 0,04g).



Por tanto, según la normativa vigente, no se considera necesario tener en cuenta los efectos sísmicos en el desarrollo del presente proyecto, ya que la edificación se clasifica como una construcción de Importancia Normal y se encuentra en una zona donde la acción sísmica es prácticamente despreciable ( $a_b < 0,04g$ ).

### 3.3.2. Incendio

Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio están definidas en el Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (DB-SI). Dichas acciones



serán consideradas en el cálculo y diseño de la estructura de acuerdo a lo establecido en el Anexo B: Estudio de Protección contra Incendios.

### 3.3.3. Impacto

Las acciones sobre un edificio causadas por un impacto dependen de la masa, de la geometría y de la velocidad del cuerpo impactante, así como de la capacidad de deformación y de amortiguamiento tanto del cuerpo como del elemento contra el que impacta.

Ya que en la edificación proyectada se practicarán distintas modalidades deportivas las cuales implican un impacto de pelota sobre los distintos paramentos verticales que forman el espacio de juego, con el fin de atenuar sus consecuencias, los elementos resistentes afectados por el impacto deben dimensionarse teniendo en cuenta las acciones debidas al mismo, con el fin de alcanzar una seguridad estructural adecuada. Además, se adoptarán medidas de protección para el resto de la estructura metálica, la cual no se dimensionará atendiendo a lo anterior, cuya eficacia debe verificarse.

El Documento Básico SE-AE considera sólo las acciones debidas a impactos accidentales, quedando excluidos los premeditados.

## 4. Combinación de acciones

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

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

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ );
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$ ).

Los valores de los coeficientes de seguridad,  $\gamma$ , se establecen en la Tabla 4.1 del Documento Básico Seguridad Estructural (DB SE) para cada tipo de acción (Tabla A.2), atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Tabla A.2 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

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
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	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

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad,  $\psi$ , se establecen en la tabla 4.2 de dicho documento (Tabla A.3).

Tabla A.3 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 $\leq$ 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.

## 5. Estructura metálica

### 5.1. Cerramientos de la estructura

#### 5.1.1. Cubierta

Para el cerramiento de cubierta se ha optado por un panel sándwich de la gama “MASTER-C” suministrado por la empresa Masterpanel, S.L.

Los paneles “MASTER-C” son paneles prefabricados en línea de producción en continuo, y están compuestos por dos láminas de acero galvanizado y prepintado, unidas por un núcleo de espuma rígida de poliuretano (PUR) o poliisocianurato (PIR), formando un elemento tipo sándwich con una junta macho y hembra, especialmente diseñados para su utilización en todo tipo de cubiertas.

Su instalación es muy sencilla, y gozan de una estanqueidad total (pendientes superiores al 4%) ya que poseen un sistema de unión macho-hembra con tapajuntas de acero que oculta las fijaciones, las protege y garantiza la estanqueidad del sistema.

Existen dos configuraciones diferentes en cuanto al perfil exterior del panel se refiere, pudiendo elegir entre panel de dos grecas y panel de tres grecas, ambos en siete espesores distintos, dos nervados interiores diferentes, así como una amplia gama de colores disponibles.

Funciones y ventajas de los paneles “MASTER-C”:

- Carga uniformemente repartida para 3 ó más apoyos. ( $F < L/200$ )
- Gran capacidad de aislamiento térmico
- Poseen una alta resistencia mecánica
- Las fijaciones están ocultas y protegidas
- Gran estabilidad dimensional
- Estanco frente al vapor de agua
- Resistente a ambientes agresivos
- Material versátil que permite cualquier configuración
- Rápido de instalar y fácil de mantener (fácil limpieza)
- Son fácilmente desmontables y pueden reutilizarse
- Fabricación a medida evitando desperdicios
- Fabricados con materiales reciclables

Las características técnicas de los paneles “MASTER-C” son las siguientes:

**Master-C panel cubierta**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**



**Espesor del panel**

**Ancho útil**

**Longitud**

**Ámbito de aplicación**

**Espesores de chapa exterior**

**Espesores de chapa interior**

**Pintura (ver sección de acabados)**

**Nervado exterior**

**Nervado interior**

**Tipo de núcleo**

**Densidad del núcleo**

**Transmisión térmica**

**Resistencia a tracción**

**Resistencia a compresión**

**Resistencia a la flexión**

**Reacción al fuego**

**Permeabilidad al agua**

**NORMA**

**VALORES**

30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 mm.

1.000 mm.

Hasta 16.000 mm.  
(máximo recomendado 13.000 mm.)

Cubiertas

EN10326 0,4 / 0,5 / 0,6 / 0,7 mm

EN10326 0,4 / 0,5 / 0,6 / 0,7 mm

Poliéster 25um

PVDF 25um / 35um

Granite HDX / SDP 50

PVC imitación madera (uso interior)

PET (sector alimentario)

Dos grecas / Tres grecas

Standard / Liso

Poliuretano (PUR)

Poliisocianurato (PIR)

EN1602

40 Kg/m<sup>3</sup>

EN13615

0,022 W/m °C

EN1607

> 0,080 Mpa

EN826

> 0,100 Mpa

> 0,100 Mpa

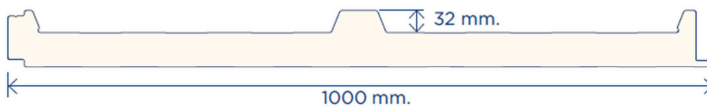
Cs3d0/Bs2d0/Bs1d0

Clase A

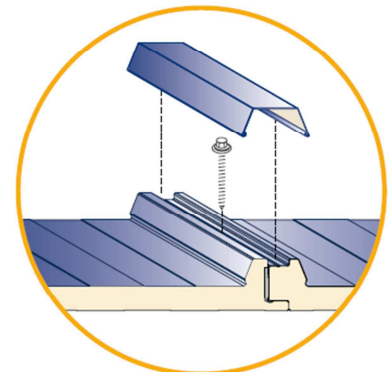
Dos grecas



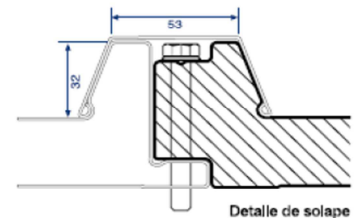
Tres grecas



Detalle de solape:



Espesor del panel	Peso 2 grecas	Peso 3 grecas	Transmitancia Térmica	
			Kcal/m <sup>2</sup> h °C	w/m <sup>2</sup> k
mm	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>		
30	10,48	10,66	0,58	0,66
40	10,88	11,06	0,46	0,53
50	11,28	11,46	0,38	0,44
60	11,68	11,86	0,32	0,37
80	12,48	12,66	0,24	0,28
100	13,28	13,46	0,20	0,23
120	14,08	14,26	0,16	0,19



Detalle de solape

Figura A.2. Características técnicas de los paneles "MASTER-C"

Su rapidez de puesta en obra y su adaptabilidad lo hacen un producto con una buena relación calidad-precio. Además de su rigidez, ligereza, estabilidad y el buen aislamiento térmico que proporciona su baja conductividad térmica.

De entre las diferentes alternativas existentes dentro de la gama, el panel seleccionado tendrá las siguientes características técnicas:

- Espesor del panel: 40 mm
- Tipo de núcleo: Espuma rígida de Poliuretano (PUR)
- Espesor de chapa exterior: 0,50 mm
- Espesor de chapa interior: 0,50 mm
- Nervado exterior: Tres grecas
- Peso del panel: 11,06 kg/m<sup>2</sup>

El peso del panel seleccionado aparece en la tabla que se muestra a continuación, según las características del mismo:

Tabla A.4. Características técnicas de los paneles "MASTER-C"

Espesor del panel	Peso 2 grecas	Peso 3 grecas	Transmitancia Térmica	
			Kcal/m <sup>2</sup> h °C	w/m <sup>2</sup> k
30	10,48	10,66	0,58	0,66
40	10,88	11,06	0,46	0,53
50	11,28	11,46	0,38	0,44
60	11,68	11,86	0,32	0,37
80	12,48	12,66	0,24	0,28
100	13,28	13,46	0,20	0,23
120	14,08	14,26	0,16	0,19

El panel se colocará sobre las correas de cubierta, las cuales se dispondrán separadas a una distancia de 1,527 metros.

Según esto, y a través de la información técnica ofrecida por el fabricante, se obtendrá la carga máxima admisible que el panel es capaz de soportar:

Tabla A.5. Sobrecargas admisibles de los paneles "MASTER-C"

Sobrecargas admisibles (kg/m <sup>2</sup> ). Dos grecas y tres grecas																						
Espesor panel mm	(L) Distancia entre apoyos en cm. Cálculos realizados sobre panel 0,50mm. / 0,50mm.																					
	150		175		200		225		250		275		300		325		350		375		400	
	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G	2G	3G
30	159	229	152	184	125	151	104	126	88	106												
40	267	323	217	263	180	218	129	184	129	156	111	134	96	116	83	100						
50	246	419	283	342	237	287	201	243	172	208	149	180	130	157	114	138	100	121	89	108		
60			351	425	294	356	241	292	216	261	188	227	165	200	145	175	128	155	114	138	102	123
80					412	499	353	427	307	371	268	324	237	287	210	254	188	227	168	203	152	184
100											351	425	312	378	278	336	248	301	225	272	203	246
120													388	469	347	420	313	379	283	342	257	311

\*Carga uniformemente repartida para 3 ó más apoyos. ( $F < L/200$ ).

A partir de la tabla se tiene que, interpolando entre los valores dados, para una distancia de 1,527 metros, el valor de la carga máxima admisible que soportará el panel elegido de cubierta será:

$$\text{Carga máxima admisible} = 316,52 \text{ kg/m}^2$$

#### 5.1.1.1. Cálculos de la cubierta

Una vez realizada la elección del cerramiento de la cubierta, se procederá a la verificación del mismo. Para ello resulta necesario plantear las hipótesis de carga a las que estará sometido y deducir entre todas ellas cual resultará la más crítica.

##### 5.1.1.1.1. Acciones

#### I. Acciones permanentes

##### ➤ *Peso Propio*

Atendiendo a la decisión tomada, el panel "MASTER-C", de 40 mm de espesor suministrado por la empresa Masterpanel, S.L., tiene un peso propio de 11,06 kg/m<sup>2</sup>. La cubierta tiene una inclinación de 12,2° respecto a la horizontal. Por lo tanto, el peso propio deberá descomponerse en los ejes locales de la misma generándose de esta forma dos tipos de fuerzas, perpendiculares y paralelas.

El valor del peso propio de la cubierta será el siguiente:

$$q_{pp} = 11,06 \text{ kg/m}^2 \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} = 0,1085 \text{ kN/m}^2$$

Descomponiéndolo en los ejes locales (perpendicular y paralelo) se obtienen los siguientes resultados:

$$q_{pp\perp} = 0,1085 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) = \mathbf{0,106 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{pp\parallel} = 0,1085 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Sen}(12,2^\circ) = \mathbf{0,023 \text{ kN/m}^2}$$

## II. Acciones variables

### ➤ Sobrecarga de Uso

Como se ha mencionado anteriormente, se entiende como sobrecarga de uso, el peso que puede gravitar sobre el edificio por razón de uso. Es decir, en esta sobrecarga se considerarán los pesos de las personas y maquinaria necesaria en caso de que deban hacerse reparaciones en la cubierta.

En el caso de la edificación proyectada, el peso propio de la cubierta será  $0,1085 \text{ kN/m}^2$ . Se tratará por lo tanto de una cubierta ligera, ya que su peso no excede de  $1 \text{ kN/m}^2$ .

Para obtener el valor de dicha sobrecarga de uso se consultará la “Tabla A.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso”. La categoría de uso a la que corresponde la cubierta es la “G” (Cubiertas accesibles únicamente para conservación) y la subcategoría de uso, “G1” (Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado)):

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(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

<sup>(3)</sup> Para cubiertas con un inclinación entre 20° y 40°, el valor de  $q_k$  se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.

<sup>(4)</sup> El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.

<sup>(5)</sup> Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de  $1 \text{ kN/m}^2$ .

<sup>(6)</sup> Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que  $10 \text{ m}^2$  y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.

<sup>(7)</sup> Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Según esto se tomarán los siguientes valores:

- Carga uniforme:  $0,4 \text{ kN/m}^2$
- Carga concentrada:  $1 \text{ kN}$

Generalmente la carga uniformemente distribuida es más crítica que la carga concentrada. Para tomar una decisión y trabajar del lado de la seguridad, se va a proceder a realizar la comparación de los momentos que dichas cargas generan en las correas de la cubierta.

La distancia entre correas de cubierta es de 1,527 metros, mientras que la distancia entre pórticos se establece en 5 m. Según esto, se obtienen los siguientes resultados:

- Carga uniforme:

Debe tenerse en cuenta, que la carga uniforme dada corresponde a la proyección horizontal sobre la superficie de la cubierta, debiendo obtenerse para el cálculo su valor sobre el faldón:

$$q_u = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) \cdot 1,527 \text{ m} = 0,597 \text{ kN/m}$$

$$M_{f\text{m}\acute{a}\text{x}} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,597 \text{ kN/m} \cdot 5^2 \text{ m}^2 = \mathbf{1,87 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

- Carga concentrada:

$$q_u = 1 \text{ kN}$$

$$M_{f\text{m}\acute{a}\text{x}} = \frac{1}{4} \cdot q \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ kN} \cdot 5 \text{ m} = \mathbf{1,25 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

Según los valores obtenidos puede observarse que los momentos serán mayores con la hipótesis de carga distribuida. Por esta razón se dejará de lado la carga concentrada y se trabajará con la carga distribuida.

Como ya se ha indicado, el valor de la carga uniforme dada se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta debiendo obtenerse para el cálculo su valor sobre el faldón. Este valor a su vez debe descomponerse en los ejes locales, al igual que ocurría con el peso propio.

El valor de la sobrecarga de uso será el siguiente:

$$q_u = \mathbf{0,4 \text{ kN/m}^2}$$



Descomponiéndolo en sus ejes locales (perpendicular y paralelo) se obtienen los siguientes resultados:

$$q_{u\perp} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) = \mathbf{0,3821 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{u//} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) \cdot \text{Sen}(12,2^\circ) = \mathbf{0,0826 \text{ kN/m}^2}$$

Destacar que esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

➤ *Nieve*

En el caso de la nieve, se determinará el valor en función de la ubicación de la construcción y de la inclinación e impedimentos que presente la cubierta. Se calculará el valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal,  $q_n$ , según la ecuación:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

- Coeficiente de forma de la cubierta ( $\mu$ ).

Para la determinación de este coeficiente, se tendrá en cuenta si hay impedimento al deslizamiento de la nieve en la cubierta o no. En el caso de esta construcción, se considerará que no hay ningún tipo de impedimento y como la inclinación de la cubierta es de  $12,2^\circ$ , menor que  $30^\circ$ , el coeficiente de forma tomará como **valor 1**.

- Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal ( $s_k$ ).

Para determinar dicho valor se consultará el Anejo E del DB SE-AE. La edificación se ubicará en la zona climática 1 y la altitud de dicho lugar rondará los 800 m. Por lo tanto, el valor característico de la carga de nieve puede tomarse de la tabla A.6 en función de la altitud del emplazamiento, y de la zona climática, la cual ha sido obtenida del mapa de la figura A.3.

Dicho valor será, por tanto,  **$1,2 \text{ kN/m}^2$** .



Figura A.3. Zonas Climáticas de invierno

Tabla A.6 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Una vez obtenidos estos valores, el valor de la sobrecarga de nieve será el siguiente:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 1,2 \text{ kN/m}^2 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Como este valor corresponde a la proyección horizontal, habrá que proyectarlo sobre el plano del faldón y después descomponerlo en los ejes locales:

$$q_{n\perp} = 1,2 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) = 1,1464 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{n//} = 1,2 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Cos}(12,2^\circ) \cdot \text{Sen}(12,2^\circ) = 0,2479 \text{ kN/m}^2$$

### ➤ Viento

La sobrecarga de viento, o presión estática ( $q_e$ ) es una fuerza que actúa perpendicularmente sobre la superficie en la que influye. Atendiendo a la normativa vigente, la cual ha sido explicada anteriormente, la sollicitación se define mediante la expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

- Presión dinámica del viento ( $q_b$ ).

De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español puede tomarse  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Para obtener un valor más preciso se consultará el Anejo D del DB SE-AE.

Para obtener dicho valor, se consultará el mapa de la Figura A.4. en la que puede observarse que a cada zona le corresponde un valor básico de la velocidad del viento:



Figura A.4. Valor Básico de la Velocidad del Viento,  $v_b$

A partir de esto, el valor de la presión dinámica del viento se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo  $\delta$  la densidad del aire ( $1,25 \text{ kg/m}^3$ ) y  $v_b$  el valor básico de la velocidad del viento.

La edificación está ubicada en el municipio de Espinosa de los Monteros que corresponde a la zona C del mapa. Por lo tanto, el valor de la velocidad del viento ( $v_b$ ) será  $29 \text{ m/s}$  y el de la presión dinámica:

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

- Coeficiente de exposición ( $c_e$ ).

Este coeficiente tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Ya que la altura de la construcción no excede los  $30 \text{ m}$ , su valor se tomará de la Tabla A.7. siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla A.7. 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 $5 \text{ km}$ 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

La zona donde se ubicará la edificación deportiva pertenecerá al grado de aspereza "III, Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas".

La edificación tiene una altura total de  $14,5 \text{ m}$ , por lo tanto, para lograr el valor del coeficiente de exposición habrá que interpolar entre los valores señalados en la tabla anterior.

$$c_e(h = 14,50 \text{ m}) = 2,58$$

- Coeficiente eólico o de presión ( $c_p$ ).

El último coeficiente a calcular para obtener el valor de la acción del viento es el coeficiente eólico o de presión ( $c_p$ ). Este coeficiente se calculará en función de la dirección del viento y la forma de la estructura. A continuación se adjuntan las especificaciones que detalla el CTE DB SE-AE. en el apartado 3.3.5. acerca del cálculo de dicho coeficiente y se realiza una aclaración de las mismas con el fin de que no quede ninguna duda respecto a los cálculos realizados.

### 3.3.5 Coeficiente eólico de naves y construcciones diáfanas

- 1 En naves y construcciones diáfanas, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento debe individualizarse en cada elemento de superficie exterior. Cuando en al menos dos de los lados del edificio (fachadas o cubiertas) el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado, la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre.
- 2 A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3, que recogen el pésimo en cada punto debido a varias direcciones de viento. A los efectos locales, tales como correas, paneles de cerramiento, o anclajes, deben utilizarse los valores correspondientes a la zona o zonas en que se encuentra ubicado dicho elemento.
- 3 Si el edificio presenta grandes huecos la acción de viento genera, además de presiones en el exterior, presiones en el interior, que se suman a las anteriores.

El coeficiente eólico de presión interior,  $c_{pi}$ , se considera único en todos los en todos los paramentos interiores del edificio que delimitan la zona afectada por la fachada o cubierta que presenta grandes huecos. Para la determinación de la presión interior, en edificios de una sola planta, se considerará como coeficiente de exposición el correspondiente a la altura del punto medio del hueco, salvo que exista un hueco dominante, en cuyo caso el coeficiente de exposición será el correspondiente a la altura media de dicho hueco. Si el edificio tiene varias plantas se considerara la altura media de la planta analizada. Un hueco se considera dominante si su área es por lo menos diez veces superior a la suma de las áreas de los huecos restantes.

- 4 Cuando el área de las aberturas de una fachada sea el doble de las aberturas en el resto de las fachadas del edificio, se tomará  $c_{pi} = 0,75c_{pe}$ ; si es el triple  $c_{pi} = 0,9c_{pe}$  siendo  $c_{pe}$  el coeficiente eólico de presión exterior. En casos intermedios se interpolará linealmente. En otro caso se tomarán los valores de la tabla 3.6

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

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	
$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	
$\geq 4$	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	

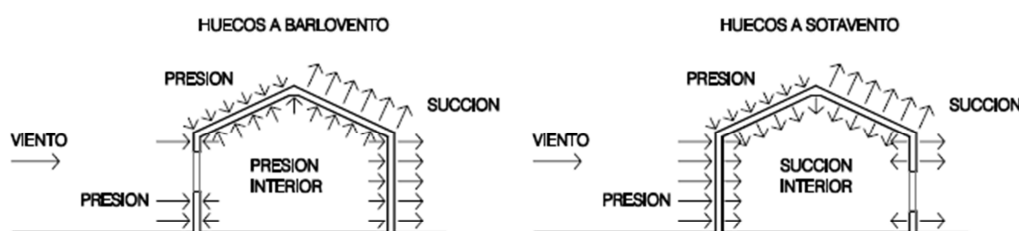


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Aclaraciones:

1. En primer lugar, el apartado 3.3.5., hace referencia a las diferencias entre marquesina y nave. En este caso, la estructura carece de huecos permanentes. Por lo tanto, se estudiará como nave a dos aguas ya que el área total de los huecos no excede del 30% del área total en ninguno de los lados considerados.
2. En segundo lugar, se hace referencia al Anejo D3., que recoge diferentes valores del coeficiente de presión exterior para cada zona de la cubierta y de la fachada de la nave ( $c_{pe}$ ).
3. En tercer lugar, este apartado hace referencia a la presión interior ( $c_{pi}$ ) que puede producirse si la nave dispone de algún “gran hueco”. No se define exactamente lo que se quiere decir con “grandes huecos”, por lo que se considerará únicamente la puerta para vehículos de mantenimiento ubicada en el lateral derecho de la edificación.
4. Por último, y en cuarto lugar, se establecen los parámetros necesarios para el cálculo del coeficiente de presión interior ( $c_{pi}$ ).

Una vez hechas las aclaraciones pertinentes, se procederá al cálculo de los coeficientes de presión, tanto exterior como interior.

#### A. Coeficiente de presión exterior ( $C_{pe}$ )

La estructura se estudiará como una nave a dos aguas. Por lo tanto, se consultará el Anejo D.3 Coeficientes de presión exterior del DB SE-AE, Tabla D.6 Cubierta a dos aguas. En esta tabla se encuentran los diferentes valores del coeficiente de presión exterior para la cubierta de la edificación en función de la dirección del viento (transversal o longitudinal).

#### VIENTO TRANSVERSAL

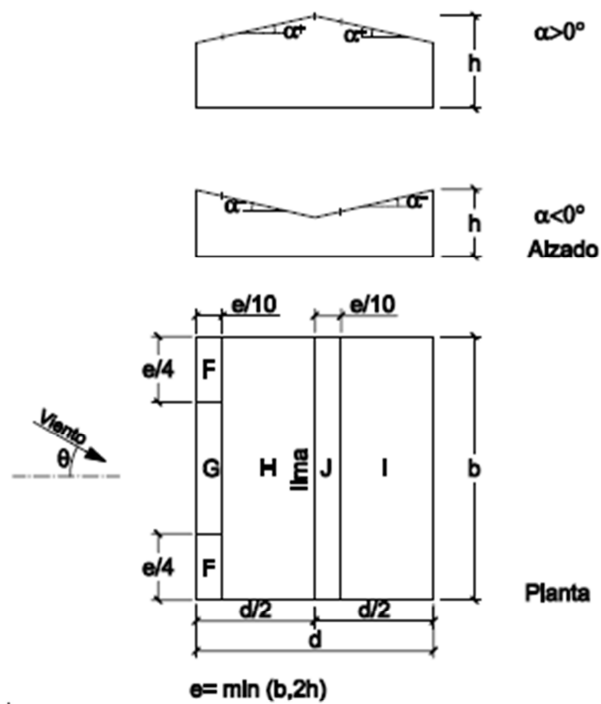
Siendo, en el caso de la edificación a proyectar:

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow b = 30 \text{ m}; h = 14,5 \text{ m} \rightarrow e = 29 \text{ m}$$

$$e/4 = 7,25 \text{ m}; e/10 = 2,9 \text{ m}$$

$$d = 18 \text{ m} \rightarrow d/2 = 9 \text{ m}$$

Tabla A.8 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ 

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	$\geq 10$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	$\leq 1$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	$\geq 10$	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	$\leq 1$	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	$\geq 10$	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	$\leq 1$	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	$\geq 10$	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	$\leq 1$	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	$\geq 10$	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	$\geq 10$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	$\geq 10$	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

En la tabla anterior, “A” hace referencia al área de influencia del elemento considerado. Este valor será superior a 10 m<sup>2</sup> para la cubierta teniendo en cuenta las dimensiones de la misma. Los valores para una pendiente de cubierta  $\alpha = 12,2^\circ$  y un área de influencia  $A > 10 \text{ m}^2$  se obtienen interpolando los valores de la tabla:

Tabla A.9. Valores de coeficientes de presión exterior con viento transversal

Zona	F	G	H	I	J
Tipo 1	0,144	0,144	0,144	-0,168	0,056
Tipo 2	-1,124	-0,912	-0,384	-0,456	-0,888

Se observa en la tabla que el coeficiente de presión puede adoptar valores positivos y negativos. Esto se debe a que el viento puede actuar de dos maneras, creando presión o succión.

Se concluirá aplicando la ecuación anteriormente establecida para obtener los valores de viento exterior:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe}$$

Tipo 1:

$$q_{eF} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot 0,144 = \mathbf{0,1932 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eG} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot 0,144 = \mathbf{0,1932 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eH} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot 0,144 = \mathbf{0,1932 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eI} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,168) = \mathbf{-0,2254 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eJ} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot 0,056 = \mathbf{0,0751 \text{ kN/m}^2}$$

Tipo 2:

$$q_{eF} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-1,124) = \mathbf{-1,5079 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eG} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,912) = \mathbf{-1,2235 \text{ kN/m}^2}$$

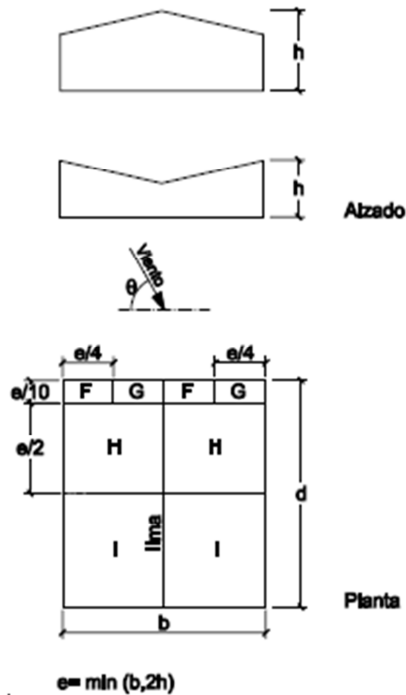
$$q_{eH} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,384) = \mathbf{-0,5152 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eI} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,456) = \mathbf{-0,6118 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{eJ} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,888) = \mathbf{-1,1913 \text{ kN/m}^2}$$



## VIENTO LONGITUDINAL

b) Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ 

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	$\geq 10$	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	$\geq 10$	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	$\geq 10$	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	$\geq 10$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	$\geq 10$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Nota:

- No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

Siendo, en el caso de la edificación a proyectar:

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow b = 18 \text{ m}; h = 14,5 \text{ m} \rightarrow e = 18 \text{ m}$$

$$e/2 = 9 \text{ m}; e/4 = 4,5 \text{ m}; e/10 = 1,8 \text{ m}$$

$$d = 30 \text{ m}$$

Al igual que ocurría en el caso anterior, “A” hace referencia al área de influencia del elemento considerado. En este caso, el área será también superior a  $10 \text{ m}^2$ . Los valores obtenidos para una pendiente de cubierta  $\alpha = 12,2^\circ$  y un área de influencia  $> 10 \text{ m}^2$  son los siguientes:

Tabla A.10. Valores de coeficientes de presión exterior con viento longitudinal

Zona	F	G	H	I
Tipo 1	-1,384	-1,3	-0,628	-0,528

En el caso del viento longitudinal, éste actuará únicamente a succión, por lo que el coeficiente de presión adoptará únicamente valores negativos.

Se concluirá aplicando la ecuación anteriormente establecida para obtener los valores de viento exterior:

Tipo 1:

$$q_{eF} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-1,384) = -1,8568 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eG} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-1,3) = -1,744 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eH} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,628) = -0,8425 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eI} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,58 \cdot (-0,528) = -0,7084 \text{ kN/m}^2$$

#### B. Coeficiente de presión interior ( $C_{pi}$ )

Atendiendo a las disposiciones descritas en el apartado 3.3.5. del DBSE-AE, la edificación contará con una puerta de  $3 \times 3 \text{ m}^2$  para vehículos de mantenimiento en la fachada derecha. Éste será el único posible hueco de la construcción considerable como “gran hueco” y que podrá crear presiones en el interior de la misma.

El coeficiente de presión interior será único y afectará de igual modo a todos los elementos de dentro de la construcción. Para el cálculo de éste se supondrá la puerta abierta en su totalidad, puesto que será la situación más crítica.

Coeficientes de presión interior											
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

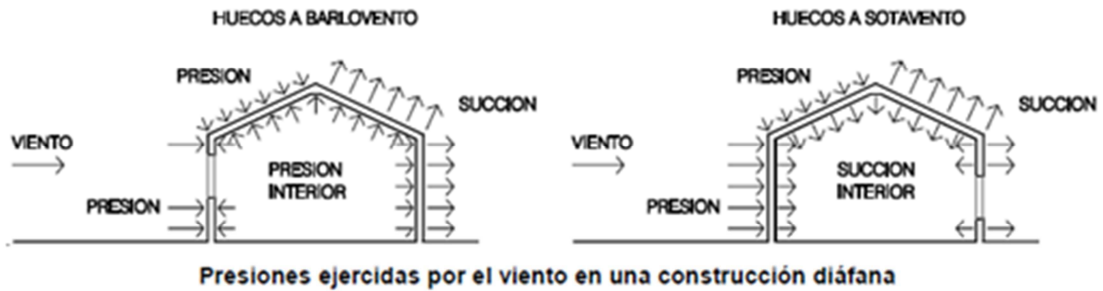


Figura A.5. Coeficiente de Presión Interior y Presiones Ejercidas por el Viento

Para el cálculo del coeficiente de presión interior será necesario definir antes los siguientes parámetros:

- h Altura del edificio
- h/b Esbeltez en el plano paralelo al viento (máx. altura de la rasante/fondo del edificio en la dirección del viento)
- c Coeficiente de relación, se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$c = \frac{\text{Área total de huecos a sotavento}}{\text{Área total de huecos}}$$

Además, para la determinación de la presión interior, se considerará como coeficiente de exposición el correspondiente a la altura del punto medio del hueco que, al ser menor de 3 m, se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$c_e(h = 3/2 \text{ m}) = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F = k \cdot \ln(\text{máx}(z, Z)/L)$$

Siendo k, L, Z parámetros característicos para un grado III de aspereza del entorno.

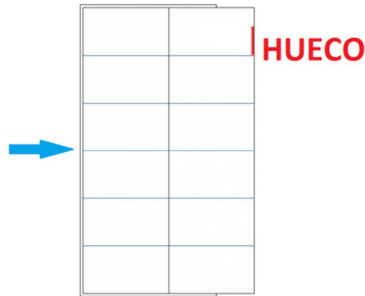
$$F = 0,19 \cdot \ln(\text{máx}(1,5, 2) \text{ m}/0,05 \text{ m}) = 0,19 \cdot \ln(40) = 0,7$$

$$c_e(h = 3/2 \text{ m}) = 0,7 \cdot (0,7 + 7 \cdot 0,19) = 1,42$$

Se definirán cuatro casos:

### VIENTO TRANSVERSAL

1. Sotavento. Dentro se dará succión. El coeficiente de relación será 1.



$$c = \frac{9}{9} = 1$$

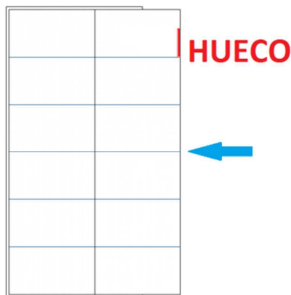
$$h = 14,5 \text{ m ; } b = 18 \text{ m}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{14,5}{18} = 0,805 < 1$$

$$c_{pi} = -0,5$$

$$q_{e1} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (-0,5) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

2. Barlovento. Dentro se dará presión. El coeficiente de relación será 0.



$$c = \frac{0}{9} = 0$$

$$h = 14,5 \text{ m ; } b = 18 \text{ m}$$

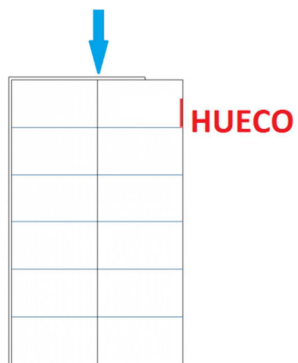
$$\frac{h}{b} = \frac{14,5}{18} = 0,805 < 1$$

$$c_{pi} = 0,7$$

$$q_{e2} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (0,7) = 0,517 \text{ kN/m}^2$$

### VIENTO LONGITUDINAL

3. Sotavento. Dentro se dará succión. El coeficiente de relación será 1.



$$c = \frac{9}{9} = 1$$

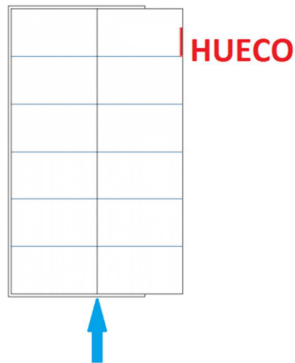
$$h = 14,5 \text{ m ; } b = 30 \text{ m}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{14,5}{30} = 0,483 < 1$$

$$c_{pi} = -0,5$$

$$q_{e3} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (-0,5) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

4. Sotavento. Dentro se dará succión. El coeficiente de relación será 1.



$$c = \frac{9}{9} = 1$$

$$h = 14,5 \text{ m}; b = 30 \text{ m}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{14,5}{30} = 0,483 < 1$$

$$c_{pi} = -0,5$$

$$q_{e4} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (-0,5) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

A continuación se expone una tabla a modo de resumen con los valores obtenidos referentes a la acción del viento:

Tabla A.11. Valores de sobrecarga de viento

EXTERIOR			
Zona	Transversal		Longitudinal
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1
F	0,1932 kN/m <sup>2</sup>	-1,5079 kN/m <sup>2</sup>	-1,8568 kN/m <sup>2</sup>
G	0,1932 kN/m <sup>2</sup>	-1,2235 kN/m <sup>2</sup>	-1,744 kN/m <sup>2</sup>
H	0,1932 kN/m <sup>2</sup>	-0,5152 kN/m <sup>2</sup>	-0,8425 kN/m <sup>2</sup>
I	-0,2254 kN/m <sup>2</sup>	-0,6118 kN/m <sup>2</sup>	-0,7084 kN/m <sup>2</sup>
J	0,0751 kN/m <sup>2</sup>	-1,1913 kN/m <sup>2</sup>	---
INTERIOR			
Casos	Transversal		Longitudinal
	Presión	Succión	Succión
	1º	2º	3º
	-0,369 kN/m <sup>2</sup>	0,517 kN/m <sup>2</sup>	-0,369 kN/m <sup>2</sup>

El valor de la acción total del viento se calculará mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_e^{\text{ext}} - q_e^{\text{int}}$$

## VIENTO TRANSVERSAL

## 1. Caso.

Zona	Tipo 1	Tipo 2
F	$0,1932 + 0,369 = 0,5622$ (P)	$-1,5079 + 0,369 = -1,1389$ (S)
G	$0,1932 + 0,369 = 0,5622$ (P)	$-1,2235 + 0,369 = -0,8545$ (S)
H	$0,1932 + 0,369 = 0,5622$ (P)	$-0,5152 + 0,369 = -0,1462$ (S)
I	$-0,2254 + 0,369 = 0,1436$ (P)	$-0,6118 + 0,369 = -0,2428$ (S)
J	$0,0751 + 0,369 = 0,4441$ (P)	$-1,1913 + 0,369 = -0,8223$ (S)

## 2. Caso.

Zona	Tipo 1	Tipo 2
F	$0,1932 - 0,517 = -0,3238$ (S)	$-1,5079 - 0,517 = -2,0249$ (S)
G	$0,1932 - 0,517 = -0,3238$ (S)	$-1,2235 - 0,517 = -1,7405$ (S)
H	$0,1932 - 0,517 = -0,3238$ (S)	$-0,5152 - 0,517 = -1,0322$ (S)
I	$-0,2254 - 0,517 = -0,7424$ (S)	$-0,6118 - 0,517 = -1,1288$ (S)
J	$0,0751 - 0,517 = -0,4419$ (S)	$-1,1913 - 0,517 = -1,7083$ (S)

## VIENTO LONGITUDINAL

## 3. Caso.

Zona	Tipo 1
F	$-1,8568 + 0,369 = -1,4878$ (S)
G	$-1,744 + 0,369 = -1,375$ (S)
H	$-0,8425 + 0,369 = -0,4735$ (S)
I	$-0,7084 + 0,369 = -0,2294$ (S)

De los valores obtenidos, se emplearán para el cálculo, los más desfavorables, siendo el valor crítico del viento a succión:

$$q_{es} = -2,0249 \text{ kN/m}^2$$

y el del viento a presión:

$$q_{ep} = 0,5622 \text{ kN/m}^2$$

**5.1.1.1.2. Resumen de acciones**

## I. Acciones permanentes

➤ *Peso Propio*

$$q_{pp\perp} = 0,106 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{pp//} = 0,023 \text{ kN/m}^2$$

## II. Acciones variables

➤ *Sobrecarga de Uso*

$$q_{u\perp} = 0,3821 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u//} = 0,0826 \text{ kN/m}^2$$

➤ *Nieve*

$$q_{n\perp} = 1,1464 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{n//} = 0,2479 \text{ kN/m}^2$$

➤ *Viento*

$$q_{es} = -2,0249 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ep} = 0,5622 \text{ kN/m}^2$$

### 5.1.1.1.3. Combinaciones de carga

A continuación se plantean las diferentes combinaciones de carga actuantes sobre la cubierta proyectada. Dichas combinaciones se plantean siguiendo las exigencias establecidas en el CTE DB-SE.

Como ya se ha indicado anteriormente, el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

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

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ );
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$ ).

Los valores de los coeficientes de seguridad,  $\gamma$ , se extraen de la Tabla A.2. “Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones” para cada tipo de acción, atendiendo, para comprobaciones de resistencia, a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente. Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aún dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora) y la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad,  $\Psi$ , se extraen de la Tabla A.3. “Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )”.

Debe tenerse en cuenta que al ser una cubierta accesible únicamente para conservación, el uso no será concomitante. Esto quiere decir que los operarios no subirán a reparar la cubierta en días de nevadas o fuertes rachas de viento.

Por lo tanto, siguiendo lo mencionado anteriormente, se procederá a describir las diferentes combinaciones de carga que afectarán a la cubierta a partir de las acciones actuantes sobre la estructura, anteriormente desarrolladas.



1.  $\gamma_G \cdot q_{pp}$
2.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_U \cdot q_u$
3.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_n$
4.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{ep}$
5.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{es}$
6.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_n + \gamma_V \cdot \psi_0 \cdot q_{ep}$
7.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_n + \gamma_V \cdot \psi_0 \cdot q_{es}$
8.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{ep} + \gamma_N \cdot \psi_0 \cdot q_n$
9.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{es} + \gamma_N \cdot \psi_0 \cdot q_n$

Como se observa, la sobrecarga de uso únicamente se combina con el peso propio, ya que como se ha comentado anteriormente, la cubierta será únicamente accesible para conservación, motivo por el cual no será concomitante con el resto de acciones variables.

Las combinaciones de 4 componentes no se examinarán ya que siempre se obtendrá un valor más pequeño que el que se logrará con las demás combinaciones.

Además, ya de primeras, se podrán eliminar algunas de estas combinaciones por existir otras que, por lógica, serán más críticas.

- ~~1.  $\gamma_G \cdot q_{pp} = 1,35 \cdot q_{pp}$~~
2.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_U \cdot q_u = 1,35 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_u$
- ~~3.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_n = 1,35 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_n$~~
- ~~4.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{ep} = 1,35 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_{ep}$~~
5.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{es} = 0,8 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_{es}$
6.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_n + \gamma_V \cdot \psi_0 \cdot q_{ep} = 1,35 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_n + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{ep}$
- ~~7.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_n + \gamma_V \cdot \psi_0 \cdot q_{es} = 0,8 \cdot q_{pp} + 0 \cdot q_n + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{es}$~~
8.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{ep} + \gamma_N \cdot \psi_0 \cdot q_n = 1,35 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_{ep} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_n$
- ~~9.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{es} + \gamma_N \cdot \psi_0 \cdot q_n = 0,8 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_{es} + 0 \cdot 0,5 \cdot q_n$~~

Será importante tener en cuenta que el peso propio, la carga de nieve, y la sobrecarga de uso actúan verticalmente, mientras que el viento lo hace perpendicularmente al faldón; motivo por el cual se descomponen las combinaciones de carga en sus componentes perpendicular y paralela al plano del faldón, empleando en el cálculo de cada una de ellas la acción correspondiente. Con todo esto, se tienen los siguientes valores de combinaciones de carga:

➤ Combinaciones de carga perpendiculares:

2.  $1,35 \cdot q_{pp\perp} + 1,5 \cdot q_{u\perp} = 1,35 \cdot 0,106 + 1,5 \cdot 0,3821 = 0,7162 \text{ kN/m}^2$
5.  $0,8 \cdot q_{pp\perp} + 1,5 \cdot q_{es} = 0,8 \cdot 0,106 + 1,5 \cdot (-2,0249) = -2,9525 \text{ kN/m}^2$
6.  $1,35 \cdot q_{pp\perp} + 1,5 \cdot q_{n\perp} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{ep} = 1,35 \cdot 0,106 + 1,5 \cdot 1,1464 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5622 = 2,3687 \text{ kN/m}^2$
8.  $1,35 \cdot q_{pp\perp} + 1,5 \cdot q_{ep} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{n\perp} = 1,35 \cdot 0,106 + 1,5 \cdot 0,5622 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1,1464 = 1,8462 \text{ kN/m}^2$

➤ Combinaciones de carga paralelas:

2.  $1,35 \cdot q_{pp\parallel} + 1,5 \cdot q_{u\parallel} = 1,35 \cdot 0,023 + 1,5 \cdot 0,0826 = 0,1549 \text{ kN/m}^2$
5.  $0,8 \cdot q_{pp\parallel} = 0,8 \cdot 0,023 = 0,0184 \text{ kN/m}^2$
6.  $1,35 \cdot q_{pp\parallel} + 1,5 \cdot q_{n\parallel} = 1,35 \cdot 0,023 + 1,5 \cdot 0,2479 = 0,4029 \text{ kN/m}^2$
8.  $1,35 \cdot q_{pp\parallel} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{n\parallel} = 1,35 \cdot 0,023 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,2479 = 0,217 \text{ kN/m}^2$

#### 5.1.1.1.4. Validación de la cubierta

Para el estudio a resistencia de la cubierta, la combinación de carga más desfavorable será la número 5. Por lo tanto, la cubierta deberá poseer una resistencia mayor a dicha combinación.

El resultado se pondrá en valor absoluto y se hará un cambio de unidades para compararlo con la carga máxima que puede soportar el panel seleccionado.

$$\sqrt{(-2,9525)^2 + 0,0184^2} = 2,9525 \text{ kN/m}^2$$

$$2,9556 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1000 \text{ N}}{1 \text{ kN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} = 300,97 \text{ kg/m}^2$$

El panel seleccionado sujeto mediante correas a una distancia de 1,527 metros es capaz de soportar una carga máxima de 316,52 kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto el panel es capaz de soportar las cargas a las que va a estar sometido y la elección del mismo se da por válida.

### 5.1.2. Fachada

Para el cerramiento de fachada se ha optado por un panel sándwich de la gama “MASTER-F” suministrado por la misma empresa que el de la cubierta, Masterpanel, S.L.

Los paneles “MASTER-F” son paneles prefabricados en línea de producción en continuo, y están compuestos por dos láminas de acero galvanizado y prepintado, unidas por un núcleo de espuma rígida de poliuretano o poliisocianurato, formando un elemento tipo sándwich con una junta macho y hembra.

Los paneles “MASTER-F” están especialmente diseñados para su utilización en todo tipo de fachadas, tanto en proyectos de edificaciones industriales, como comerciales o residenciales. Se pueden instalar en posición tanto vertical como horizontal, garantizando siempre una estanqueidad total. El diseño del solape está concebido para ocultar y proteger las fijaciones, lo que le otorga una excelente estética.

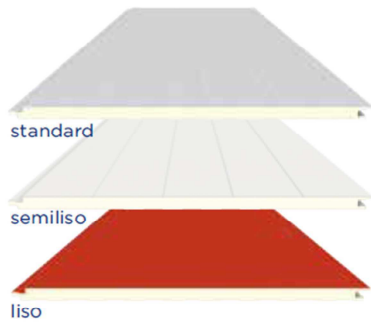
Ofrecen tres acabados exteriores distintos (standard, semiliso y liso) y dos nervados interiores diferentes (standard y liso), así como una amplia gama de colores disponibles.

Funciones y ventajas de los paneles “MASTER-F”:

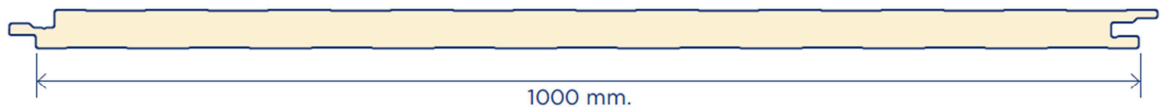
- Excelente estética.
- Gran capacidad de aislamiento térmico.
- Poseen una alta resistencia mecánica.
- Gran estabilidad dimensional.
- Estanco frente al vapor de agua.
- Resistente a ambientes agresivos.
- Material versátil que permite cualquier configuración.
- Rápido de instalar y fácil de mantener (fácil limpieza).
- Son fácilmente desmontables y pueden reutilizarse.
- Fabricación a medida evitando desperdicios.
- Fabricados con materiales reciclables.

Las características técnicas de los paneles “MASTER-F” son las siguientes:

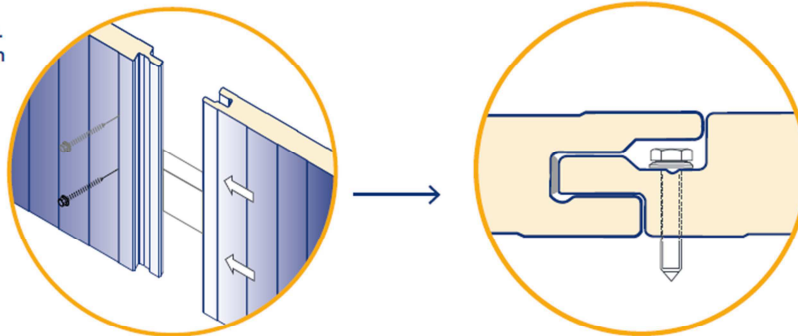
**Master-F panel fachada**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**



NORMA	VALORES
<b>Espesor del panel</b>	35, 40, 50, 60, 80 mm.
<b>Ancho útil</b>	1.000 mm.
<b>Longitud</b>	Hasta 16.000 mm. (máximo recomendado 9.000 mm.)
<b>Ámbito de aplicación</b>	Fachadas
<b>Espesores de chapa exterior</b>	EN10346 0,5 / 0,6 / 0,7 mm
<b>Espesores de chapa interior</b>	EN10346 0,4 / 0,5 / 0,6 / 0,7 mm
<b>Pintura (ver sección de acabados)</b>	Poliéster 25um PVDF 25um / 35um Granite HDX / SDP 50 PVC imitación madera (uso interior) PET (sector alimentario)
<b>Nervado exterior</b>	Standard / Semiliso / Liso
<b>Nervado interior</b>	Standard / Liso
<b>Tipo de núcleo</b>	Poliuretano (PUR) Poliisocianurato (PIR)
<b>Densidad del núcleo</b>	EN1602 40 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Transmisión térmica</b>	EN13165 0,022 W/m K
<b>Resistencia a tracción</b>	EN1607 > 0,080 Mpa
<b>Resistencia a compresión</b>	EN826 > 0,100 Mpa
<b>Resistencia a la flexión</b>	> 0,100 Mpa
<b>Reacción al fuego</b>	Cs3d0/Bs2d0/Bs1d0
<b>Permeabilidad al agua</b>	Clase A



Detalle de solape. Usar 2 tornillos en vanos superiores a 2,00 m.



Espesor del panel	Peso	Transmitancia térmica	
		Kcal /m <sup>2</sup> h °C	w/m <sup>2</sup> k
35	10,18	0,53	0,61
40	10,38	0,47	0,54
50	10,78	0,39	0,45
60	11,18	0,33	0,38
80	11,98	0,25	0,29

Figura A.6. Características técnicas de los paneles "MASTER-F"

De entre las diferentes alternativas existentes dentro de la gama, el panel seleccionado tendrá las siguientes características técnicas:

- Espesor del panel: 50 mm
- Tipo de núcleo: Espuma rígida de Poliuretano (PUR)
- Espesor de chapa exterior: 0,50 mm
- Espesor de chapa interior: 0,50 mm
- Nervado exterior: Liso
- Peso del panel: 10,78 kg/m<sup>2</sup>

Los paneles se colocarán sobre las correas de fachada, las cuales se dispondrán separadas a una distancia de 1,56 metros.

Según esto y a través de la información técnica ofrecida por el fabricante, se obtendrá la carga máxima admisible que el panel es capaz de soportar:

Tabla A.12. Sobrecargas admisibles de los paneles "MASTER-F"

Sobrecargas admisibles (kg/m <sup>2</sup> )												
Espesor del panel mm	(L) Distancia entre apoyos en cm. Cálculos realizados sobre panel 0,50 mm. / 0,50 mm.											
	100	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400
35	379	228	184	152	128	108	92	80				
40	440	267	217	180	152	129	111	96	83			
50		346	283	237	201	172	149	130	114	100	89	
60			351	294	241	216	188	165	145	128	114	102
80				412	353	307	268	237	210	188	168	152

\*Carga uniformemente repartida para 3 ó más apoyos ( $F < L/200$ ).

A partir de la tabla, se tiene que, interpolando entre los valores dados, para una distancia de 1,56 metros, el valor de la carga máxima admisible que soportará el panel elegido de fachada será:

$$\text{Carga máxima admisible} = 330,88 \text{ kg/m}^2$$

### 5.1.2.1. Cálculos de la fachada

Una vez realizada la elección del cerramiento de la fachada, se procederá a la verificación del mismo. Para ello resulta necesario plantear las hipótesis de carga a las que estará sometido y deducir entre todas ellas cual resultará la más crítica. Se seguirán los mismos pasos dados en el cálculo del cerramiento: planteamiento de las cargas, resumen de las cargas, combinaciones de carga y validación del cerramiento.

Para la determinación de dichas acciones es interesante observar el análisis realizado en el cálculo de la cubierta puesto que las acciones que actuarán en la fachada serán las mismas que las que actúan en la cubierta, exceptuando la nieve y el uso.

Por una parte, es lógico pensar que la nieve no podrá amontonarse en la fachada y por otra parte, es lógico pensar también que el peso de los operarios y equipos de mantenimiento actuará únicamente sobre la cubierta, y no sobre la fachada. Por lo tanto, en el cálculo de la fachada solo actuarán dos acciones: el peso propio y el viento.

Además cabe destacar que dichas acciones actuarán en planos diferentes. El peso propio actuará en el plano paralelo a la superficie del panel, y el viento en el plano perpendicular a dicha superficie.

#### 5.1.2.1.1. Acciones

##### I. Acciones permanentes

###### ➤ *Peso Propio*

Atendiendo a la decisión tomada, el panel "MASTER-F", de 50 mm de espesor suministrado por la empresa Masterpanel, S.L., tiene un peso propio de 10,78 kg/m<sup>2</sup>.

El valor del peso propio de la fachada será el siguiente:

$$q_{pp} = 10,78 \text{ kg/m}^2 \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} = \mathbf{0,1057 \text{ kN/m}^2}$$

Como se ha mencionado anteriormente, el peso propio actuará en vertical, en el plano paralelo a la superficie del panel, puesto que es una carga gravitatoria.

$$q_{pp//} = \mathbf{0,1057 \text{ kN/m}^2}$$

##### II. Acciones variables

###### ➤ *Viento*

La sobrecarga de viento, o presión estática ( $q_e$ ) se define mediante la expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

No habrá que volver a calcular los valores de presión dinámica del viento ( $q_b$ ) y de coeficiente de exposición ( $c_e$ ), puesto que sirven los calculados en el apartado “Cálculos de la cubierta”. Los valores de ambos parámetros son los siguientes:

- Presión dinámica del viento ( $q_b$ ).

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

- Coeficiente de exposición ( $c_e$ ).

$$c_e(h = 12,50 \text{ m}) = 2,52$$

- Coeficiente eólico o de presión ( $c_p$ ).

Este coeficiente no permanecerá constante, por lo que se procederá a su cálculo.

A. Coeficiente de presión exterior ( $C_{pe}$ )

Para el cálculo de los coeficientes de presión exterior en la fachada de la nave se consultará el Anejo D.3 Coeficientes de presión exterior del DB SE-AE, Tabla D.3 Paramentos verticales. En ésta tabla se encuentran los diferentes valores del coeficiente de presión exterior para la fachada de la edificación en función de la dirección del viento (transversal o longitudinal).

### VIENTO TRANSVERSAL

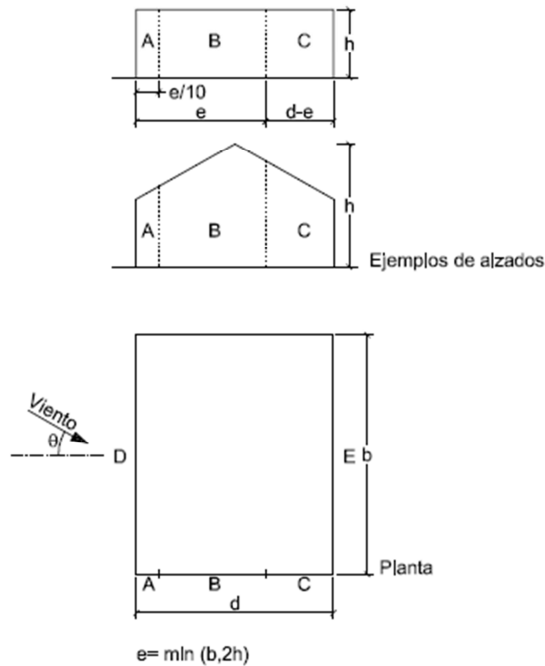
Siendo, en el caso de la edificación a proyectar:

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow b = 30 \text{ m}; h = 14,5 \text{ m} \rightarrow e = 29 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,9 \text{ m}$$

$$d = 18 \text{ m}$$

Tabla A.13 Paramentos verticales



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

De modo que para un área tributaria, A, superior a 10 m<sup>2</sup> y un valor  $h/d = 14,5/18 = 0,8056$ ; se obtienen, interpolando, los siguientes resultados para los coeficientes de presión:

Tabla A.14. Valores de coeficientes de presión exterior con viento transversal

Zona	A	B	C	D	E
	-1,2	-0,8	-0,5	0,774	-0,462

Se concluirá aplicando la ecuación anteriormente establecida para obtener los valores de viento exterior:



$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe}$$

$$q_{eA} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-1,2) = -1,5725 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eB} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-0,8) = -1,0483 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eC} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-0,5) = -0,6552 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eD} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot 0,774 = 1,0142 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eE} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-0,462) = -0,6054 \text{ kN/m}^2$$

### VIENTO LONGITUDINAL

Se establece también acudiendo a la Tabla A.13 anterior, pero en este caso, los valores de zonificación serán:

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow b = 18 \text{ m}; h = 14,5 \text{ m} \rightarrow e = 18 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,8 \text{ m}$$

$$d = 30 \text{ m}; d - e = 30 - 18 = 12 \text{ m}$$

De modo que para un área tributaria, A, superior a  $10 \text{ m}^2$  y un valor  $h/d = 14,5/30 = 0,4833$ ; se obtienen, interpolando, los siguientes resultados para los coeficientes de presión:

Tabla A.15. Valores de coeficientes de presión exterior con viento longitudinal

Zona	A	B	C	D	E
	-1,2	-0,8	-0,5	0,7311	-0,3622

Se concluirá aplicando la ecuación anteriormente establecida para obtener los valores de viento exterior:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe}$$

$$q_{eA} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-1,2) = -1,5725 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eB} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-0,8) = -1,0483 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eC} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-0,5) = -0,6552 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eD} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot 0,7311 = 0,958 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eE} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,52 \cdot (-0,3622) = -0,4746 \text{ kN/m}^2$$

B. Coefficiente de presión interior (C<sub>pi</sub>)

El cálculo del coeficiente de presión interior no variará respecto a los cálculos realizados para la cubierta. Se hace un recordatorio de los valores de viento obtenidos para la cubierta:

*VIENTO TRANSVERSAL*

$$1. \quad q_{e1} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (-0,5) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

$$2. \quad q_{e2} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (0,7) = 0,517 \text{ kN/m}^2$$

*VIENTO LONGITUDINAL*

$$3. \quad q_{e3} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (-0,5) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

$$4. \quad q_{e4} = q_b \cdot c_e \cdot c_{pi} = 0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,42 \cdot (-0,5) = -0,369 \text{ kN/m}^2$$

El valor de la acción total del viento se calculará mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_e^{\text{ext}} - q_e^{\text{int}}$$

Zona	Transversal		Longitudinal
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
A	-1,2035 kN/m <sup>2</sup> (S)	<b>-2,0895 kN/m<sup>2</sup> (S)</b>	-1,2035 kN/m <sup>2</sup> (S)
B	-0,6793 kN/m <sup>2</sup> (S)	-1,5653 kN/m <sup>2</sup> (S)	-0,6793 kN/m <sup>2</sup> (S)
C	-0,2862 kN/m <sup>2</sup> (S)	-1,1722 kN/m <sup>2</sup> (S)	-0,2862 kN/m <sup>2</sup> (S)
D	<b>1,3832 kN/m<sup>2</sup> (P)</b>	0,4972 kN/m <sup>2</sup> (P)	1,327 kN/m <sup>2</sup> (P)
E	-0,2364 kN/m <sup>2</sup> (S)	-1,1224 kN/m <sup>2</sup> (S)	-0,1056 kN/m <sup>2</sup> (S)

De los valores obtenidos, se emplearán para el cálculo, los más desfavorables, siendo el valor crítico del viento a succión:

$$q_{es} = -2,0895 \text{ kN/m}^2$$

y el del viento a presión:

$$q_{ep} = 1,3832 \text{ kN/m}^2$$

### 5.1.2.1.2. Resumen de acciones

#### I. Acciones permanentes

##### ➤ *Peso Propio*

$$q_{pp//} = 0,1057 \text{ kN/m}^2$$

#### II. Acciones variables

##### ➤ *Viento*

$$q_{es} = -2,0895 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ep} = 1,3832 \text{ kN/m}^2$$

### 5.1.2.1.3. Combinaciones de carga

A continuación se plantearán las diferentes combinaciones de carga según el Documento Básico, Seguridad Estructural (DB SE).

Se tendrán en cuenta las mismas disposiciones y se seguirán los mismos pasos que se siguieron para el cálculo de las combinaciones de carga que afectaban a la cubierta con la diferencia que en este caso solo habrá combinaciones de dos componentes (peso propio y viento). Por tanto, no se necesitará consultar el valor de los coeficientes de simultaneidad, ya que no se hará uso de ellos.

Las combinaciones que se obtienen son las siguientes:

1.  ~~$\gamma_G \cdot q_{pp}$~~
2.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{ep}$
3.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{es}$

La 1ª combinación será, por lógica, más pequeña que las dos restantes. Por lo tanto, podrá ser eliminada directamente de la lista.

Será importante tener en cuenta que el peso propio, actúa verticalmente, mientras que el viento lo hace perpendicularmente a la fachada; motivo por el cual se descomponen las combinaciones de carga en sus componentes perpendicular y paralela al plano de la fachada, empleando en el cálculo de cada una de ellas la

acción correspondiente. Con todo esto, se tienen los siguientes valores de combinaciones de carga:

➤ Combinaciones de carga perpendiculares:

$$2. \quad \gamma_V \cdot q_{ep} = 1,5 \cdot 1,3832 = 2,0748 \text{ kN/m}^2$$

$$3. \quad \gamma_V \cdot q_{es} = 1,5 \cdot (-2,0895) = -3,134 \text{ kN/m}^2$$

➤ Combinaciones de carga perpendiculares:

$$2. \quad \gamma_G \cdot q_{pp//} = 1,35 \cdot 0,1057 = 0,1427 \text{ kN/m}^2$$

$$3. \quad \gamma_G \cdot q_{pp//} = 0,8 \cdot 0,1057 = 0,0846 \text{ kN/m}^2$$

#### 5.1.2.1.4. Validación de la fachada

Para el estudio a resistencia de la fachada, la combinación de carga más desfavorable será la número 3. Por lo tanto, la fachada deberá poseer una resistencia mayor a dicha combinación.

El resultado se pondrá en valor absoluto y se hará un cambio de unidades para compararlo con la carga máxima que puede soportar el panel seleccionado.

$$\sqrt{(-3,134)^2 + 0,0846^2} = 3,1351 \text{ kN/m}^2$$

$$3,1351 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1000 \text{ N}}{1 \text{ kN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} = 319,59 \text{ kg/m}^2$$

El panel seleccionado sujeto mediante correas a una distancia de 1,56 metros es capaz de soportar una carga máxima de 330.88 kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto el panel es capaz de soportar las cargas a las que va a estar sometido y la elección del mismo se da por válida.

## 5.2. Correas

El cálculo de las correas de la estructura se llevará a cabo mediante el programa de cálculo estructural "CYPECAD", concretamente mediante el uso del módulo "Generador de pórticos". Dicho módulo, permite dimensionar las correas de cubierta y fachada, facilitando el listado de los perfiles admisibles, para su elección y posterior comprobación final.

Para definir las correas necesarias hay que predeterminar una serie de datos previos adicionales que serán comunes para las correas de cubierta y de fachada:

- El límite para la flecha relativa correspondiente a las correas, deberá establecerse de acuerdo al apartado 4.3.3.1 *Flechas* del CTE DB SE permitiéndose, en este caso, una flecha relativa de 1/300 de la longitud del elemento.
- El teorema de los tres momentos, o Clapeyron, ofrece las ventajas mecánicas que tiene el hacer que las correas se calculen como vigas continuas, empotrándolas en los apoyos una a continuación de la otra. Lo que se consigue mediante estos empotramientos es, entre otras cosas, reducir notablemente las flechas de dichas correas ya que el máximo momento flector positivo se reduce en detrimento de que aparecen en los apoyos momentos negativos. La reducción de estos momentos va en función del número de tramos que tenga la correa, estabilizándose esta reducción cuando ya tiene tres o más vanos. Por tanto, a la hora de llevar a cabo el montaje se establece el compromiso de empotrar los extremos de las correas entre sí (siendo por lo menos tres tramos) para que cada correa trabaje como una viga continua consiguiendo así la máxima reducción de la flecha y optimizando la barra.
- El tipo de fijación será rígida. Los paneles de cerramiento se sujetarán a las correas mediante tornillos autorroscantes y autotaladrantes, impidiendo el giro de estas y solo solicitándolas en el plano perpendicular al cerramiento.

### 5.2.1. Correas de cubierta

El cálculo de las correas de cubierta se ha llevado a cabo estableciendo, a criterio del proyectista, el tipo de perfil, la separación entre correas y el tipo de acero de las mismas:

- Tipo de perfil: Para resolver las correas de cubierta se opta por la serie de perfiles Z conformados en frío, ya que son los perfiles más usados para las correas de cubierta por su relación resistencia/peso.
- Separación entre correas: A partir de la longitud del alero, se le descontará lo que ocupe el canalón y todo lo que reste espacio en el lateral, como petos o cerramientos. También se le restará el espacio entre la correa más alta y la cumbre. Para el espacio resultante se establecen 6 vanos con una distancia entre correas de 1,527 metros.
- Tipo de acero: Aun pudiéndose fabricar perfiles conformados en Z en acero S275, se opta por un tipo de acero S235, por ser el habitual para este tipo de perfiles y, por tanto, más económico.

Una vez establecidos los criterios anteriores, se procederá a dimensionar las correas de cubierta mediante el software informático, obteniéndose, a través de este, un listado de perfiles admisibles con su correspondiente peso y porcentaje de aprovechamiento, el cual se muestra a continuación:

Edición de correas de cubierta

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 300

Número de vanos: Tres vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: ZF-200x2.5

Separación: 1.53 m

Tipo de Acero: S235

Dimensionar

Dimensionar

Dimensionar

Aceptar

Cancelar

Nombre	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Texto de comprobación
ZF-160x2.0	3.04	Aprovechamiento: 194.26 %
ZF-160x2.5	3.76	Aprovechamiento: 158.57 %
ZF-160x3.0	4.47	Aprovechamiento: 135.52 %
ZF-180x2.0	3.24	Aprovechamiento: 159.28 %
ZF-180x2.5	4.02	Aprovechamiento: 128.83 %
ZF-180x3.0	4.77	Aprovechamiento: 109.45 %
ZF-200x2.0	3.93	Aprovechamiento: 114.35 %
ZF-200x2.5	4.88	Aprovechamiento: 91.66 %
ZF-200x3.0	5.80	Aprovechamiento: 77.10 %
ZF-225x2.5	5.20	Aprovechamiento: 78.14 %

Significado de los iconos

- Elemento que no cumple alguna comprobación.
- Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Figura A.7. Dimensionamiento de las Correas de Cubierta

De entre éstos, se selecciona el perfil de menor peso entre los admisibles, que supondrá un menor coste y que corresponde a un ZF-200x2.5, cuyas características y comprobaciones a resistencia y flecha, se muestran a continuación:

Canto total:	200.0 mm
Canto del ala superior:	80.0 mm
Canto del ala inferior:	70.0 mm
Canto rigidizador superior:	25.0 mm
Canto rigidizador inferior:	22.0 mm
Espesor:	2.5 mm
Radio de acuerdo interior:	2.5 mm
Área sección:	9.51 cm <sup>2</sup>
Inercia flexión I <sub>yy</sub> :	582.52 cm <sup>4</sup>
Inercia flexión I <sub>zz</sub> :	118.42 cm <sup>4</sup>
Inercia a torsión:	0.20 cm <sup>4</sup>
Módulo de alabeo:	7863.98 cm <sup>6</sup>

Figura A.8. Propiedades del Perfil Seleccionado

I. Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 91.66 %

Barra pésima en cubierta

<b>Perfil: ZF-200x2.5</b>											
<b>Material: S235</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>yz</sub> <sup>(4)</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)	α <sup>(5)</sup> (grados)
	17.752, 0.000, 12.662	17.752, 5.080, 12.662	5.080	9.51	582.52	118.42	-194.45	0.20	1.98	3.20	20.0
	<b>Notas:</b> (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
	Pandeo				Pandeo lateral						
Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.					
β		1.00		0.00		0.00					
L <sub>K</sub>		5.080		0.000		0.000					
C <sub>1</sub>		-				1.000					
<b>Notación:</b> β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) 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>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 cubierta	b / t ≤ (b / t) <sub>máx.</sub> Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.08 m η = 91.7	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 5.08 m η = 23.7	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b>η = 91.7</b>	
<b>Notación:</b> b / t: Relación anchura / espesor $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez 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 M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión biaxial V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a tracción y flexión N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a compresión y flexión NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante, axil y flexión 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 x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
<b>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</b> (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (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:

$h/t \leq 250$	$h / t :$	<b>76.0</b> ✓
$b_1/t \leq 90$	$b_1 / t :$	<b>28.0</b> ✓
$c_1/t \leq 30$	$c_1 / t :$	<b>8.0</b> ✓
$b_2/t \leq 60$	$b_2 / t :$	<b>24.0</b> ✓
$c_2/t \leq 30$	$c_2 / t :$	<b>6.8</b> ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$0.2 \leq c_1/b_1 \leq 0.6$	$c_1 / b_1 :$	0.286
$0.2 \leq c_2/b_2 \leq 0.6$	$c_2 / b_2 :$	0.283

Donde:

<b>h</b> : Altura del alma.	<b>h</b> :	190.00 mm
<b>b<sub>1</sub></b> : Ancho del ala superior.	<b>b<sub>1</sub></b> :	70.00 mm
<b>c<sub>1</sub></b> : Altura del rigidizador del ala superior.	<b>c<sub>1</sub></b> :	20.00 mm
<b>b<sub>2</sub></b> : Ancho del ala inferior.	<b>b<sub>2</sub></b> :	60.00 mm
<b>c<sub>2</sub></b> : Altura del rigidizador del ala inferior.	<b>c<sub>2</sub></b> :	17.00 mm
<b>t</b> : Espesor.	<b>t</b> :	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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.917} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 17.752, 5.080, 12.662, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V$  ( $180^\circ$ ) H1.

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

$$M_{v,Ed}^+ : 11.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd}^+ : 12.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- : 12.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{eff}^+ : 56.14 \text{ cm}^3$$

$$W_{eff}^- : 55.90 \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yb} : 235.00 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \mathbf{0.237} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 17.752, 5.080, 12.662, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V (180°) H1.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \quad 13.75 \quad \text{kN}$$

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

$$\mathbf{V_{b,Rd}} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad \mathbf{V_{b,Rd}} : \quad 58.01 \quad \text{kN}$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	195.30	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.			

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w \quad f_{bv} : \quad 124.75 \quad \text{MPa}$$

Siendo:

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

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \bar{\lambda}_w : \quad 0.90$$

Donde:

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_{yb}$ :	235.00	MPa
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	210000.00	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	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.

## II. Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 76.72 %

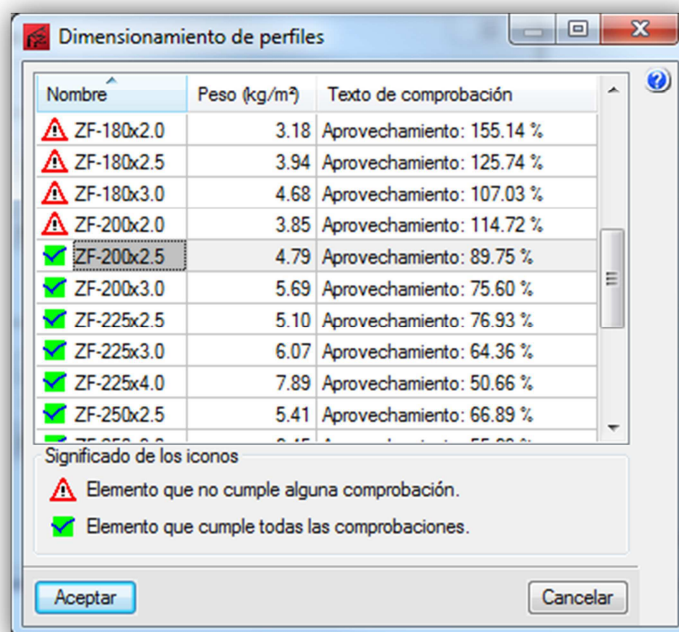
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot N(R) 1 + 1.00 \cdot V (180^\circ) H4$  a una distancia 2.540 m del origen en el primer vano de la correa.

### 5.2.2. Correas de fachada

En el caso de las correas laterales, los datos de cálculo correspondientes a la flecha relativa, número de vanos y tipo de fijación serán los mismos que para las correas de cubierta como ya se indicó con anterioridad.



Al igual que en el caso anterior, se opta por resolver las correas de fachada mediante perfiles conformados en Z, de acero S235 pero, en este caso, a una distancia entre correas de 1,56 metros.

Una vez establecidos los criterios anteriores, se procederá a dimensionar las correas laterales, obteniéndose un listado de perfiles admisibles con su correspondiente peso, que se muestra a continuación:



Nombre	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Texto de comprobación
ZF-180x2.0	3.18	Aprovechamiento: 155.14 %
ZF-180x2.5	3.94	Aprovechamiento: 125.74 %
ZF-180x3.0	4.68	Aprovechamiento: 107.03 %
ZF-200x2.0	3.85	Aprovechamiento: 114.72 %
ZF-200x2.5	4.79	Aprovechamiento: 89.75 %
ZF-200x3.0	5.69	Aprovechamiento: 75.60 %
ZF-225x2.5	5.10	Aprovechamiento: 76.93 %
ZF-225x3.0	6.07	Aprovechamiento: 64.36 %
ZF-225x4.0	7.89	Aprovechamiento: 50.66 %
ZF-250x2.5	5.41	Aprovechamiento: 66.89 %

Significado de los iconos

-  Elemento que no cumple alguna comprobación.
-  Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Figura A.9. Dimensionamiento de las Correas de Fachada

De dicho listado se seleccionará el perfil de menor peso entre los admisibles, correspondiente a perfiles ZF-200x2.5, casualmente el mismo que para las correas de cubierta, y cuyas características y comprobaciones a resistencia y flecha, se muestran a continuación:

I. Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 89.75 %

Barra pésima en lateral

<b>Perfil: ZF-200x2.5</b>												
<b>Material: S235</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>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)	
	18.500, 0.000, 0.780	18.500, 5.080, 0.780	5.080	9.51	582.52	118.42	-194.45	0.20	1.98	3.20	20.0	
	<b>Notas:</b> (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
	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	5.080	0.000		0.000							
C <sub>1</sub>	-		1.000									
<b>Notación:</b> β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) 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> Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.08 m η = 89.7	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 5.08 m η = 22.9	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b>η = 89.7</b>
<b>Notación:</b> b / t: Relación anchura / espesor λ̄: Limitación de esbeltez 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 M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión biaxial V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a tracción y flexión N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a compresión y flexión NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante, axil y flexión 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 x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
<b>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</b> (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (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:

$$h/t \leq 250 \qquad h / t : 76.0 \quad \checkmark$$

$$b_1/t \leq 90 \qquad b_1 / t : 28.0 \quad \checkmark$$

$$c_1/t \leq 30 \qquad c_1 / t : 8.0 \quad \checkmark$$

$$b_2/t \leq 60 \qquad b_2 / t : 24.0 \quad \checkmark$$

$$c_2/t \leq 30 \qquad c_2 / t : 6.8 \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c_1/b_1 \leq 0.6 \qquad c_1 / b_1 : 0.286$$

$$0.2 \leq c_2/b_2 \leq 0.6 \qquad c_2 / b_2 : 0.283$$

Donde:

<b>h</b> : Altura del alma.	<b>h</b> : 190.00 mm
<b>b<sub>1</sub></b> : Ancho del ala superior.	<b>b<sub>1</sub></b> : 70.00 mm
<b>c<sub>1</sub></b> : Altura del rigidizador del ala superior.	<b>c<sub>1</sub></b> : 20.00 mm
<b>b<sub>2</sub></b> : Ancho del ala inferior.	<b>b<sub>2</sub></b> : 60.00 mm
<b>c<sub>2</sub></b> : Altura del rigidizador del ala inferior.	<b>c<sub>2</sub></b> : 17.00 mm
<b>t</b> : Espesor.	<b>t</b> : 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.897} \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$$M_{v,Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 18.500, 5.080, 0.780, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V$  (180°) H4.

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

$$M_{v,Ed}^- : 11.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd}^+ : 12.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- : 12.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{eff}^+ : 56.14 \text{ cm}^3$$

$$W_{eff}^- : 55.90 \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yb} : 235.00 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**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 no hay momento flector.

**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 la longitud de pandeo lateral es nula.

**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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \mathbf{0.229} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 18.500, 5.080, 0.780, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V$  (180°) H4.

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

$$V_{Ed} : \quad 13.26 \quad \text{kN}$$

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

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{b,Rd} : \quad 58.01 \quad \text{kN}$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

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

$t$ : Espesor.

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

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

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

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

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

$$f_{bv} : \quad 124.75 \quad \text{MPa}$$

Siendo:

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

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$\bar{\lambda}_w : \quad 0.90$$

Donde:

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

$$f_{yb} : \quad 235.00 \quad \text{MPa}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

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

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

**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.

## II. Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 74.45 %

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 1.693 m del origen en el tercer vano de la correa.

### 5.2.3. Resumen de correas

A continuación se muestra, a modo de resumen, los resultados finales referentes a las correas de la estructura obtenidos a través del módulo “Generador de pórticos”.

<b>Datos de correas de cubierta</b>	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: ZF-200x2.5 Separación: 1.53 m Tipo de Acero: S235	Límite flecha: $L / 300$ Número de vanos: Tres vanos Tipo de fijación: Fijación rígida

<b>Datos de correas laterales</b>	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: ZF-200x2.5 Separación: 1.56 m Tipo de Acero: S235	Límite flecha: $L / 300$ Número de vanos: Tres vanos Tipo de fijación: Fijación rígida

Siendo la medición de las correas la siguiente:

<b>Medición de correas</b>			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	14	104.52	0.06
Correas laterales	6	44.79	0.02

### 5.3. Dimensionamiento de pórticos

Una vez realizado el diseño del pórtico tipo, y calculadas las correas de cubierta y laterales en el “Generador de pórticos”, se exportará la obra al módulo “CYPE 3D” en el que se editará la estructura para adaptarla al diseño de la edificación, se verificarán las cargas actuantes, se determinarán las vinculaciones internas y externas, los coeficientes de pandeo, límites de flecha y tipo de perfil de cada elemento para su posterior dimensionamiento.

Será necesario establecer inicialmente los siguientes parámetros para la correcta exportación de la obra:

- a) Los apoyos de los pórticos principales de la nave serán empotrados por lo que se seleccionará esta opción en la configuración de apoyos.
- b) En las opciones de pandeo se seleccionará la opción correspondiente a pórticos traslacionales, si bien posteriormente se revisarán y adaptarán dichos coeficientes buscando una mayor similitud a la situación real de la obra.
- c) En cuanto a las opciones de agrupación, se optará por no agrupar planos, de modo que cada pórtico reciba justamente la carga que le corresponda.

Tras exportar la obra a “CYPE 3D” se editará la estructura mediante la adición de las barras necesarias para su arriostramiento longitudinal y de cubierta, se añadirán cartelas en los dinteles de los pórticos intermedios y pilarillos en los pórticos hastiales quedando la obra estructurada como se muestra en la siguiente imagen:

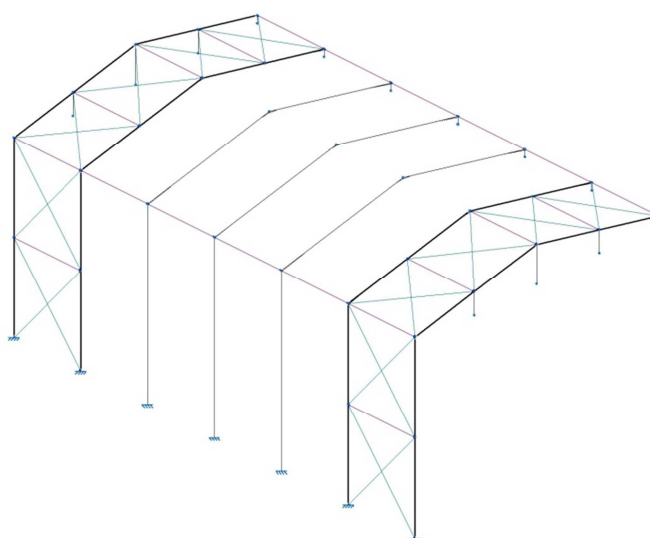


Figura A.10. Estructura en CYPE 3D

### 5.3.1. Pandeo

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que condiciona las piezas sometidas a compresión. Éste, limita la capacidad portante de los elementos de forma súbita debido a que al deformarse la barra pierde su forma de máxima resistencia. Sin embargo, no es posible conocer a priori que piezas trabajaran a compresión y bajo qué combinaciones de hipótesis lo harán, por lo que será necesario determinar los coeficientes de pandeo de todas ellas en sus dos planos principales, a fin de dimensionarlas considerando la posibilidad de que este fenómeno se produzca.

El coeficiente de pandeo “ $\beta$ ”, a determinar en las barras de la estructura, será un valor mayor o igual que cero que ponderará la longitud de la barra, obteniéndose así la denominada longitud de pandeo. Esta longitud es la distancia entre dos puntos de inflexión consecutivos en la deformada de la barra para ese plano de pandeo. La determinación de este coeficiente para los distintos elementos depende, en gran medida, de condiciones de contorno como las ligaduras de los extremos de las barras con el resto de la estructura u otras coacciones externas.

Partiendo de lo establecido en el epígrafe 6.3.2 del CTE DB-SE A, para piezas de sección y axil constante, los coeficientes de pandeo se relacionan con la descripción de los extremos de las barras (ver tabla 6.1 del mismo apartado). Sin embargo, estos coeficientes, deben editarse de acuerdo a condiciones de contorno determinadas en base al diseño establecido de la estructura.

Tabla A.16. Longitud de pandeo de barras canónicas

Condiciones de extremo	biarticulada	biempotrada	empotrada articulada	biempotrada desplazable	en ménsula
Longitud $L_k$	1,0 L	0,5 L	0,7 L	1,0 L	2,0 L

Uno de los factores de especial importancia, será la consideración del comportamiento de la estructura como traslacional o intraslacional, que como se muestra en la siguiente imagen, determina el pandeo de las barras por el desplazamiento o no de sus nudos.

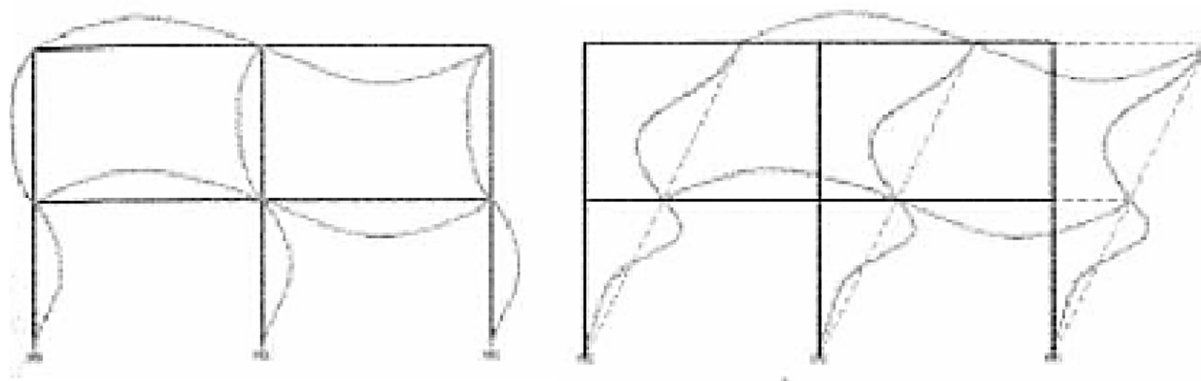


Figura A.11. Esquema del pandeo en barras en una estructura intraslacional y traslacional respectivamente

La imagen anterior evidencia que el pandeo será más desfavorable en el caso de estructuras traslacionales. En el estudio de la edificación proyectada, se considerará la estructura traslacional en el plano de los pórticos e intraslacional en los planos del cerramiento y cubierta, gracias a la rigidez que le infieren los elementos estructurales secundarios y los propios materiales de cierre.

Para poder estudiar de manera adecuada el pandeo en el módulo “CYPE 3D”, se asignarán los coeficientes de pandeo de acuerdo a los ejes locales de cada barra, siendo el plano débil de las barras,  $xy$ , el paralelo a las alas que equidista de ellas, es decir, el que pasa por el centro de gravedad y el plano fuerte,  $xz$ , el que coincide con el plano del alma de la pieza.

La definición de los coeficientes de pandeo, “ $\beta$ ”, en cada uno de los planos se llevará a cabo introduciendo en el cuadro que se muestra a continuación los valores correspondientes para la barra seleccionada:

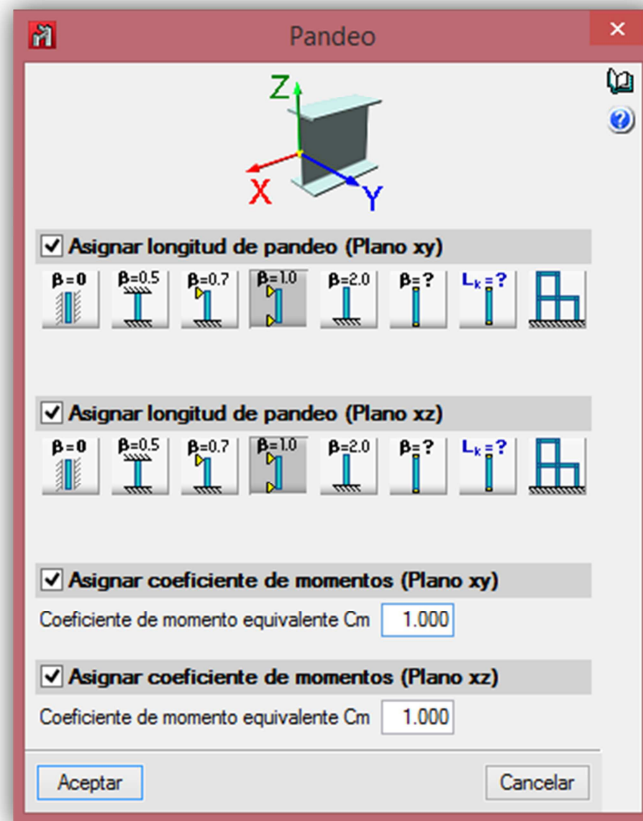


Figura A.12. Configuración del coeficiente de pandeo

A fin de evitar errores debidos a la consideración de la longitud de las barras que se ponderan con el coeficiente de pandeo, en aquellos casos de barras con nudos intermedios se optará por establecer directamente la longitud de pandeo correspondiente.

Para los coeficientes de momentos en esos mismos planos, se mantendrá el valor unidad ofrecido por defecto por el programa, quedando ligeramente del lado de la seguridad.

A continuación, se establecen los coeficientes de pandeo o longitudes de pandeo para los distintos elementos de la estructura a estudio:

### 5.3.1.1. Coeficientes de pandeo en pórticos tipo

#### ➤ *Dinteles*

- Plano débil, xy

En el plano de inercia débil de estas barras, sus respectivos planos xy, coinciden con los pandeos en el plano de cada alero para cada pieza, y en esos planos se disponen las correas para anclar la cubierta. Las correas arriostran en este plano a los cabios haciendo que cuando pandee este cabio lo haga serpenteando por todos los puntos de contacto con las correas. Por lo que en dichos puntos se tienen puntos de inflexión de la deformada.

Según esto, la longitud de pandeo de estas piezas es la distancia a la que se disponen las correas, es decir:

$$l_k = 1,5273 \text{ m}$$

El coeficiente de pandeo se deduce de la fórmula:

$$l_k = \beta \cdot l \rightarrow 1,527 \text{ m} = \beta \cdot 9,4637 \text{ m} \rightarrow \beta = 0,1614$$

- Plano fuerte, xz

En el plano de inercia fuerte, el plano del alma de la pieza, el plano del pórtico, los cabios están biempotrados en sus extremos al pilar y al otro cabio respectivamente. No obstante, estos empotramientos pueden sufrir, y sufren, desplazamientos importantes. En este plano la pieza es biempotrada traslacional, por lo que le corresponde un coeficiente de pandeo de aproximadamente 1, según la tabla 6.1 del CTE DB-SE A. Por lo tanto:

$$\beta = 1$$

$$l_k = 9,4637 \text{ m}$$

#### ➤ *Pilares 12,5 metros*

- Plano débil, xy

Hasta los 4,5 metros se dispone de un muro lateral entre alma y alma de dos pilares consecutivos, el cual se considera suficientemente rígido para arriostrar a los pilares a pandeo en el plano de este cerramiento. Según esta condición de contorno,



a estos pilares les correspondería un coeficiente de pandeo de  $\beta = 0$ , pero a partir de los 4,5 metros el cerramiento cambia a panel sándwich sobre correas por lo que, al igual que ocurría en los cabios, la longitud de pandeo es la distancia a la que se disponen las correas, es decir:

$$l_k = 1,56 \text{ m}$$

Y el coeficiente de pandeo, a partir de la formula expuesta anteriormente, será:

$$\beta = 0,195$$

Se tomará este coeficiente de pandeo para todo el pilar al ser más restrictivo.

- Plano fuerte, xz

En el plano de inercia fuerte los pilares están biempotrados, existiendo en los nudos vinculados al suelo una imposibilidad absoluta de desplazamiento y de giro, pero en su conexión con el dintel sí que puede existir un corrimiento de la posición original, un desplazamiento del nudo (estructura traslacional).

Al no contemplarse esta opción en la Tabla A.16, mostrada anteriormente, se recurre al epígrafe 6.3.2.5. del Documento Básico SE-A, en el cual se indica que la longitud de pandeo de un tramo de pilar unido rígidamente a las demás piezas de un pórtico traslacional en cuyo análisis no se han contemplado los efectos de segundo orden, puede obtenerse del cociente:

$$\beta = \frac{l_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} \geq 1$$

Los coeficientes de distribución anteriores se obtienen de:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

Siendo:

$K_c$  coeficiente de rigidez  $EI/L$  del tramo de pilar analizado;

$K_i$  coeficiente de rigidez  $EI/L$  del siguiente tramo de pilar en el nudo  $i$ , nulo en caso de no existir;

$K_{ij}$  coeficiente de rigidez eficaz de la viga en el nudo  $i$ , y posición  $j$ .

El coeficiente de rigidez eficaz de la viga, en el caso a estudiar, puede determinarse de acuerdo con la siguiente tabla, como si la viga fuese biempotrada, aunque realmente sea un nudo rígido:

Tabla A.17. Coeficiente de rigidez eficaz para una viga en comportamiento elástico

Condiciones de coacción al giro en la viga en el extremo contrario al considerado.	Coeficiente de rigidez eficaz $K$ de la viga	
	sin compresión relevante	con compresión <sup>(1)</sup>
empotrado	1,0 $EI/L$	1,0 $EI/L$ (1-0,4 $N/N_{cri}$ )
articulado	0,75 $EI/L$	0,75 $EI/L$ (1 - 1,0 $N/N_{cri}$ )
giro igual y de igual signo	1,5 $EI/L$	1,5 $EI/L$ (1-0,2 $N/N_{cri}$ )
giro igual y de signo opuesto	0,5 $EI/L$	0,5 $EI/L$ (1-1,0 $N/N_{cri}$ )
giro $\theta_a$ en el nudo considerado y giro $\theta_b$ en el otro	$(1 + 0,5 \theta_b / \theta_a) EI/L$	-

<sup>(1)</sup>  $N_{cri}$  se refiere al valor crítico a compresión de la viga considerada. El caso general (-) no está contemplado

En este caso, solo se dispone de los elementos marcados en color en la siguiente imagen, siendo todos los demás coeficientes nulos:

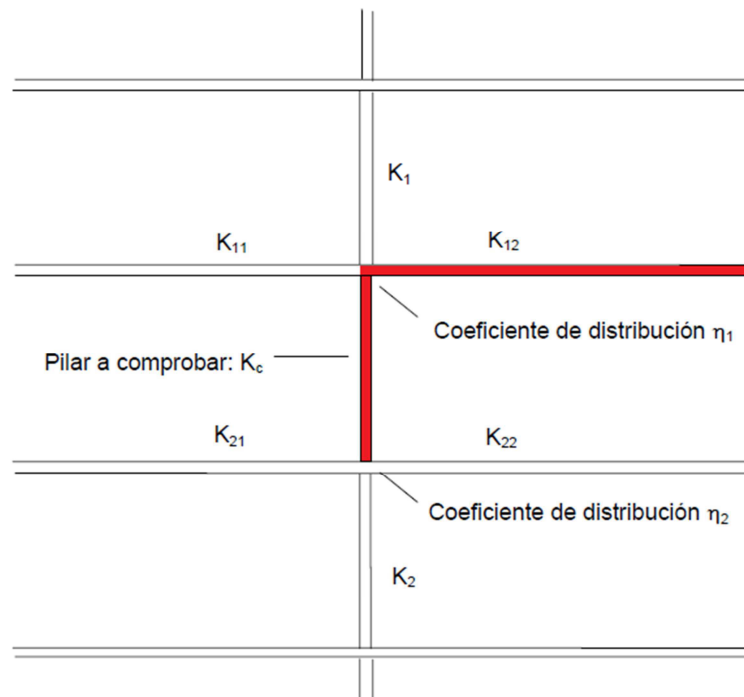


Figura A.13. Coeficientes de distribución

$$K_1 = K_2 = K_{21} = K_{11} = 0$$

Por lo tanto, aplicando las formulas anteriores, se tiene:

$$K_{12} = \frac{E \cdot I_y}{L_{dintel}} = \frac{210.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 11.770 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{9463,7 \text{ mm}} = 2.611.769.181 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$K_c = \frac{E \cdot I_y}{L_{pilar}} = \frac{210.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 92.080 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{12.500 \text{ mm}} = 15.469.440.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\eta_1 = \frac{15.469.440.000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{15.469.440.000 \text{ N} \cdot \text{mm} + 2.611.769.181 \text{ N} \cdot \text{mm}} = 0,8555$$

$$\eta_2 = 0$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (0,8555)}{1 - 0,8 \cdot (0,8555)}} = 1,62 \geq 1$$

$$l_k = 1,3813 \cdot 12,5 = 20,26 \text{ m}$$

Destacar que este coeficiente se ha obtenido de manera iterativa ya que la rigidez de los elementos depende de los perfiles seleccionados.

➤ *Pilares 0,5 metros*

- Plano débil, xy

Entre alma y alma de dos pilares consecutivos se dispone el cerramiento, que los arropa íntimamente en el plano de este cerramiento impidiendo que puedan pandear en él, teniendo que, para ello, deformar el cerramiento el cual se está considerando suficientemente rígido.

Esta condición de contorno hace que sea absurdo hablar de un posible pandeo en este plano, por lo que se dejará:

$$\beta = 0$$

- Plano fuerte, xz

En el plano de inercia fuerte estos pilares están biempotrados pudiendo existir un desplazamiento del nudo (estructura traslacional). Por ello se aplicará un coeficiente de pandeo de  $\beta = 1$  asignable a las barras biempotradas desplazables.

### 5.3.1.2. Coeficientes de pandeo en pórticos hastiales

#### ➤ Dinteles

- Plano débil, xy

En el plano débil, los cabios tendrán en sus tramos los mismos coeficientes de pandeo que en los pórticos centrales, es decir:

$$l_k = 1,5273 \text{ m}$$

$$\beta = 0,1614$$

- Plano fuerte, xz

En el plano fuerte se dividirá la longitud de pandeo porque se tiene un pilarillo hastial en el que se apoya el cabio y hace que cada tramo tenga un  $\beta$  equivalente a 1. Por tanto, diferenciando como tramo 1 el tramo entre la unión pilar-cabio y el apoyo pilarillo-cabio, y tramo 2 desde este último a la cumbrera, se tiene:

$$\text{Tramo 1: } l_k = 4,604 \text{ m}$$

$$\text{Tramo 2: } l_k = 4,8597 \text{ m}$$

#### ➤ Pilares 12,5 metros

- Plano débil, xy

En el plano débil, estos pilares se consideraran como empotrados en la base y articulados en la cabeza, apoyados sobre las vigas de arriostramiento longitudinal, y existiendo en los nudos vinculados al suelo una imposibilidad absoluta de desplazamiento y de giro.

Por tanto su coeficiente de pandeo será:

$$\beta = 0,7$$

Y la longitud de pandeo:

$$l_k = 8,75 \text{ m}$$

Dicho coeficiente podría disminuirse considerando el efecto del cerramiento de bloques hasta la altura de 4,5 m y panel sándwich sobre correas a partir de esta altura que arriostrarían algo estos pilares. No obstante, se mantendrá el valor canónico establecido anteriormente estando, en todo momento, del lado de la seguridad.

- Plano fuerte, xz

En el plano de inercia fuerte los pilares están biempotrados, existiendo en los nudos vinculados al suelo una imposibilidad absoluta de desplazamiento y de giro, pero en su conexión con el dintel sí que puede existir un desplazamiento del nudo (estructura traslacional). Por ello, al igual que los pilares de los pórticos intermedios, habrá que recurrir al epígrafe 6.3.2.5. del Documento Básico SE-A para obtener el coeficiente de pandeo.

Según esto, aplicando las formulas expuestas anteriormente se tiene:

$$\beta = 1,6736$$

$$l_k = 20,92 \text{ m}$$

Al igual que en el plano débil, dicho coeficiente podría disminuirse considerando el efecto del cerramiento que concurre y que arriostra algo estos pilares. No obstante, se mantendrá el valor canónico establecido anteriormente estando, en todo momento, del lado de la seguridad.

➤ *Pilares 0,5 metros*

- Plano débil, xy

En el plano débil, estos pilares, al igual que los de 12,5 metros, se consideraran como empotrados en su unión a la estructura de hormigón, y articulados en la cabeza, apoyados sobre las vigas de arriostramiento longitudinal.

Por tanto su coeficiente de pandeo será:

$$\beta = 0,7$$

Dicho coeficiente podría disminuirse considerando el efecto del cerramiento. No obstante, se mantendrá el valor canónico establecido anteriormente estando, en todo momento, del lado de la seguridad.

- Plano fuerte, xz

En cuanto en el plano de inercia fuerte, estos pilares están biempotrados, pudiendo existir un desplazamiento del nudo (estructura traslacional). Por ello se aplicará un coeficiente de pandeo de  $\beta = 1$  asignable a las barras biempotradas desplazables.

En este caso también podría disminuirse dicho coeficiente considerando el efecto del cerramiento, pero se mantendrá el valor establecido.

➤ Pilarillos

Los pilares interiores del hastial se encuentran empotrados en su unión con la estructura de hormigón y articulados en la cabeza del pilar, lo que corresponde a un coeficiente de pandeo  $\beta = 0,7$  para ambos planos.

De igual modo, dicho coeficiente podría rebajarse en el plano de inercia débil considerando el efecto del cerramiento, pero se mantendrá para estar, en todo caso, del lado de la seguridad.

### 5.3.1.3. Coeficientes de pandeo en elementos estructurales longitudinales

Las vigas de atado de la cabeza de los pilares y bastidores de cruces de san Andrés, tendrán un coeficiente de pandeo en ambos sentidos  $\beta = 1$ , por ser barras biarticuladas.

Por otro lado, las cruces de san Andrés son tirantes que trabajaran alternativamente en función de la dirección del esfuerzo, haciéndolo únicamente a tracción, por lo que no será necesario realizar su cálculo a pandeo, no necesitando nunca ningún coeficiente.

### 5.3.2. Pandeo lateral

El pandeo lateral es el pandeo de la sección de una pieza. Es un efecto que se produce en piezas sometidas a flexión en los puntos donde la sección se encuentra sometida a compresiones a lo largo del eje fuerte de la viga. En definitiva viene a significar el riesgo de deformación por pandeo de la sección en piezas con zonas de sección esbelta.

En la edificación proyectada, será necesario efectuar una verificación de la seguridad frente a pandeo lateral en los cabios y pilares de 12,5 metros de la estructura metálica según indica el artículo 6.3.3 del CTE DB SE-A.

Para ello se define el pandeo lateral para el ala superior y para el ala inferior de cada barra en el módulo "CYPE 3D" a través del siguiente cuadro:

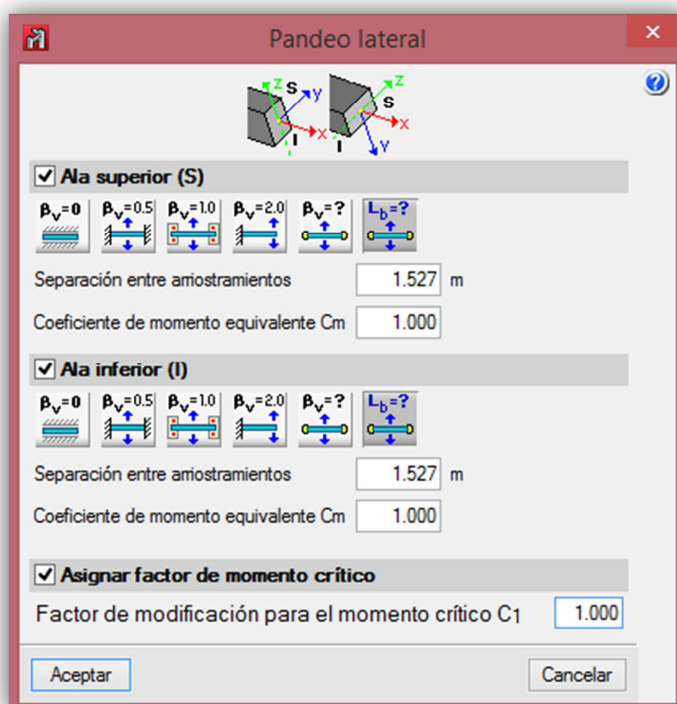


Figura A.14. Configuración del pandeo lateral

Tanto para configurar los parámetros de pandeo lateral del ala superior como los del ala inferior, se utilizará el último icono de las dos filas de que consta el cuadro anterior. Estos iconos permiten determinar el comportamiento del ala superior y del inferior respectivamente de estas piezas. Este comportamiento se determina mediante una distancia de arriostramiento para cada ala y un coeficiente de momentos.

Por tanto, para los cabios de los pórticos intermedios, se define una separación entre arriostramientos de  $l_b=1,527$  m para el ala superior ya que las correas de cubierta arriostran esta ala. Para el ala inferior se define la misma separación entre arriostramientos, el cual se materializará mediante tornapuntas los cuales arrancan del ala inferior y conectan con las correas.

Para los cabios de los pórticos hastiales se define una separación entre arriostramientos de  $l_b=1,527$  m para el ala superior por el mismo motivo. El ala inferior apoya sobre los pilarillos que la arriostran y, al estar estos dinteles menos solicitados, bastará con una distancia entre arriostramientos igual a cada tramo de dintel, es decir, para el tramo entre la unión pilar-cabio y el apoyo pilarillo-cabio  $l_b=4,604$  m, y para el tramo desde este último a la cumbrera  $l_b=4,86$  m.

En cuanto a los pilares, el cerramiento de bloques de hormigón hasta los 4,5 metros arriostra ambas alas, teniendo que comprobarse únicamente los 8 metros restantes de pilar.

Tanto para los pilares de los pórticos intermedios como para los de los hastiales se dispone de correas laterales las cuales arriostran el ala exterior. Por tanto para este ala se define una separación entre arriostramientos de  $l_b=1,56$  m.

El ala interior de los pilares de los pórticos intermedios se arriostrará cada 4 correas, es decir, con una separación entre arriostramientos de  $l_b=6,24$  m, mediante un tornapuntas.

Por último, los pilares hastiales, al estar menos solicitados, tendrán una separación entre arriostramientos de  $l_b=8$  m.

El coeficiente de momentos depende del diagrama de momentos flectores que presenta la barra entre cada punto de arriostramiento. Se calcula según la tabla 6.10 del Art. 6.3.4.2. del CTE DB SE-A.

Para los casos que aquí se definen, se dispone de un coeficiente de momentos igual a 1, según el primer caso de la tabla y suponiendo  $\Psi = 1$ , quedando de esta forma del lado de la seguridad.



### 5.3.3. Deformaciones. Flechas y desplazamientos horizontales

Otro de los aspectos fundamentales en el proceso de cálculo, será limitar la deformación que puedan sufrir los elementos de la estructura como consecuencia de la flexión de sus barras. De acuerdo a lo establecido en el epígrafe 4.3.3.1 del CTE DB SE, en la evaluación de la aptitud al servicio de la estructura, se considerará que hay un comportamiento adecuado, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Concreta y literalmente se distinguen tres casos de flechas relativas a la longitud de las barras:

- 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.

Atendiendo a los valores límite indicados, todas las barras de la estructura pueden acogerse al caso c), que es el menos exigente.

A través de CYPE, se puede expresar la limitación que se le impone a las flechas de forma absoluta, expresada en mm, o de forma relativa a la longitud de la barra, como se especifica en la norma, accediendo al cuadro mostrado en la siguiente figura:

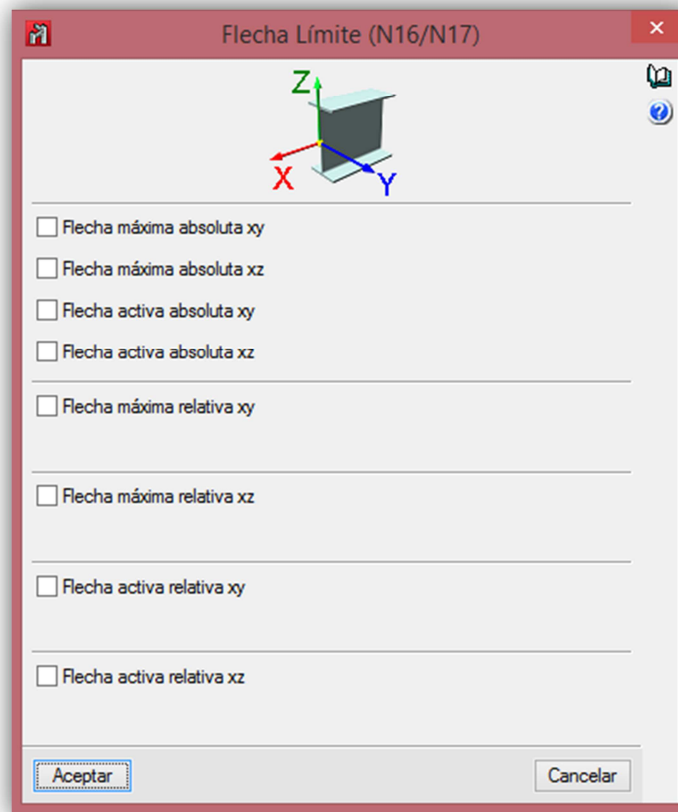


Figura A.15. Preselección del tipo de flecha a limitar

En el caso de los dinteles de los pórticos intermedios, se empleará la limitación expresada en términos absolutos en el plano fuerte de las barras, xz, que es el plano en el que van a dominar las cargas, ya que al no tratarse de barras simples, el programa estimaría la longitud de la pieza como la diferencia de su longitud menos la de las cartelas, dando lugar a un límite más restrictivo que el correspondiente a este caso, que será:

$$\frac{L}{300} = \frac{9463,7 \text{ mm}}{300} = 31,54 \text{ mm}$$

Para las flechas de los cabios hastiales, como son piezas simples, es más cómodo y resulta perfectamente válido, limitar la flecha máxima de modo relativo a  $L/300$ , directamente, según lo marca la norma.

Pero estas piezas, desde el punto de vista de las flechas, se comportan como si fueran dos, divididas por el apoyo que suponen los respectivos pilarillos hastiales. Por tanto, se debe indicar al programa que cada una de estas barras está compuesta por dos grupos de flecha, una desde el nudo de la cabeza de cada pilar

de esquina hasta la unión pilarillo-cabio y otro desde ese mismo punto hasta la cumbre, flectando cada tramo de cada cabio hastial entre sus apoyos.

También se limitaran de modo relativo en el plano xz la flecha máxima de todas las vigas longitudinales que sirven de atado y de marcos para las cruces. No es estrictamente necesario porque sus flechas serán únicamente debidas a sus pesos. No obstante, se les permitirá igualmente el L/300.

Además de aplicar los límites de flecha mencionados, es necesario tener en cuenta el desplazamiento transversal que sufrirán los pilares de los pórticos (desplazamientos horizontales). No es posible limitar dicho desplazamiento en el programa pero, una vez calculados los perfiles necesarios, se comprobará mediante el comando "Cálculo > Desplazamientos" los desplazamientos transversales que sufren los pilares.

Con ellos, y considerando la apariencia de la obra, se admitirá que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral si para cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que 1/250.

$$\frac{L}{250} = \frac{12.500}{250} = 50 \text{ mm}$$

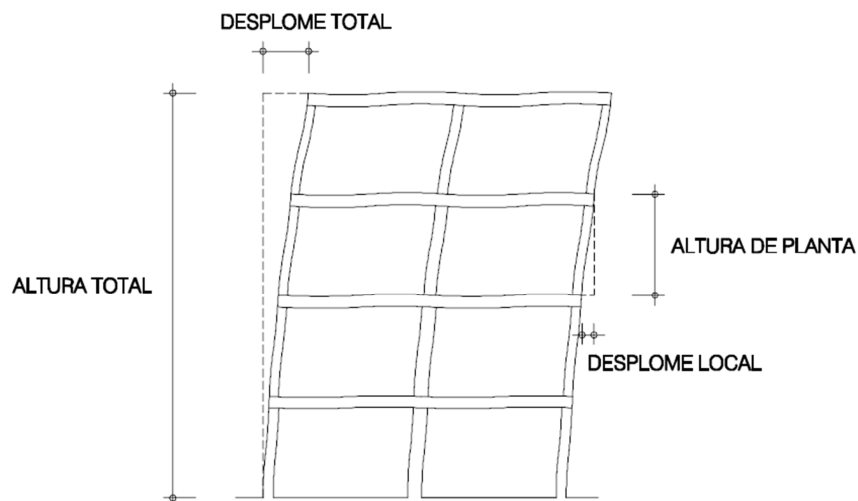


Figura A.16. Desplomes

### 5.3.4. Cargas actuantes

Una vez definidas las limitaciones de los parámetros anteriormente establecidos, se verificarán las hipótesis de carga actuantes, para comprobar su semejanza con las obtenidas en los apartados correspondientes a acciones sobre los cerramientos de la estructura, anteriormente desarrollados.

Una de las grandes ventajas que ofrece el programa "CYPE" es la introducción automática de cargas desde el "Generador de pórticos". Una vez hecha la exportación a "CYPE 3D", la estructura estará cargada y bastará con adaptar, en los casos necesarios, aquellas cargas que hubieran podido sufrir modificaciones por la adición de nuevos elementos u otras consideraciones del programa.

Según esto, la estructura quedará cargada de la siguiente forma:

#### 5.3.4.1. Cargas gravitatorias

##### I. Cargas permanentes:

La carga permanente corresponde al peso propio de todos los elementos de la estructura generada en función de las características y dimensiones de estos por el propio programa de cálculo.

Además de las cargas debidas al peso propio de cada pieza, el programa añade a través de los datos facilitados en el "Generador de pórticos" el peso de los cerramientos y de las correas, aplicando a las piezas correspondientes, una carga uniformemente distribuida en función del ancho de banda que soporta, es decir, en función del área de cubierta que gravita sobre cada pieza.

Por otro lado, se añadirá a estas cargas el peso de las redes protectoras deportivas y demás elementos que se dispongan colgados de la estructura metálica de manera permanente.

La red lateral de protección del público estará colocada paralelamente a la pared lateral izquierda, en el límite exterior de la contracancha. Esta irá sustentada por una estructura auxiliar de acero suspendida de los cabios y fijada en sus extremos a los pilarillos correspondientes. Además sobre esta estructura auxiliar irán colgados también los focos para la iluminación.

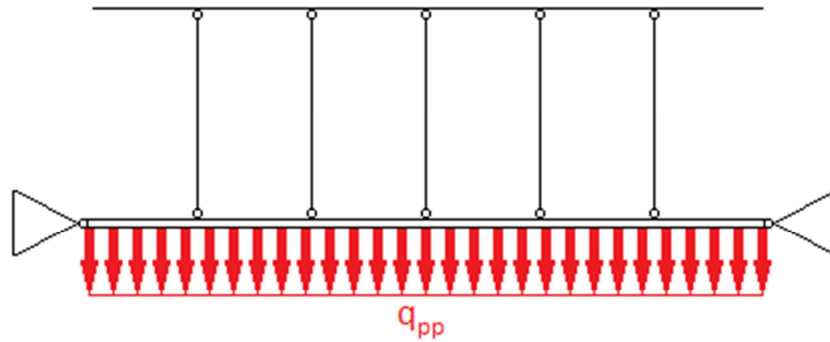


Figura A.17. Esquema de cargas permanentes longitudinales

Por tanto, los pesos de todos estos elementos se añaden a la estructura simplificándolos por las cargas puntuales resultantes en los puntos donde ira colgada la estructura metálica auxiliar.

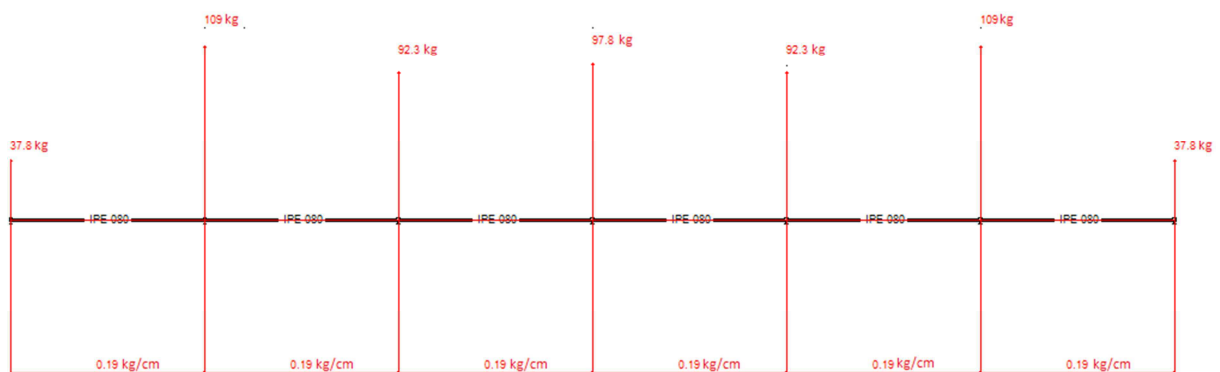


Figura A.18. Resultados de las cargas puntuales en los cabios

A estas cargas resultantes se les añadirá una sobrecarga de 100 kg, correspondiente al peso de una persona que pueda colgarse de la red en caso accidental.

En cuanto a la red protectora del techo, su peso se introduce en la estructura como una carga uniformemente distribuida a lo largo de la longitud de los cabios de los pórticos intermedios que esta abarca. Para los pórticos hastiales este peso se introduce como cargas puntuales en cada uno de los pilarillos hastiales.

A continuación se muestran todas las cargas permanentes de la estructura con su escala amplificada cinco veces para mejor visualización:

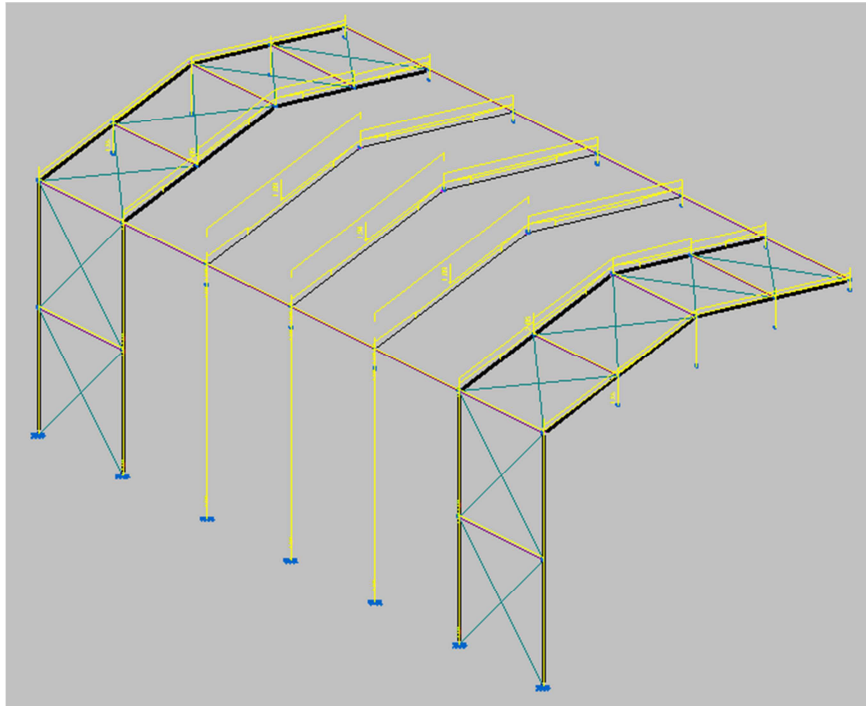


Figura A.19. Cargas permanentes de la estructura con su escala ampliada 5 veces

## II. Sobrecarga de uso:

De acuerdo a lo establecido en el apartado de cálculo de acciones correspondiente y en función del ancho de banda que soporta cada pieza, será:

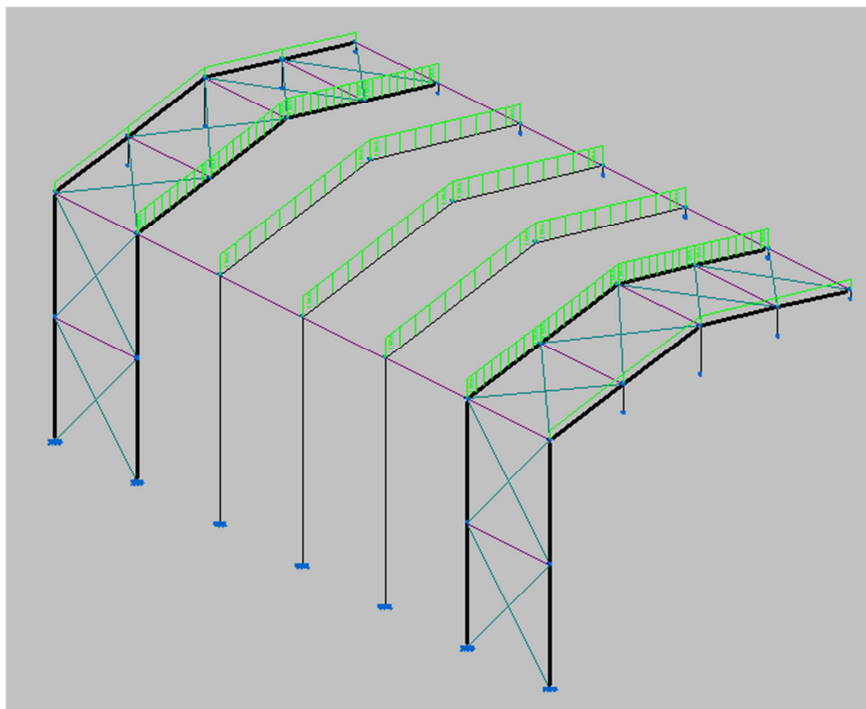


Figura A.20. Sobrecarga de uso con su escala ampliada 5 veces

### III. Sobrecarga de nieve:

De acuerdo a lo establecido en el apartado de cálculo de acciones correspondiente y en función del ancho de banda que soporta cada pieza, será:

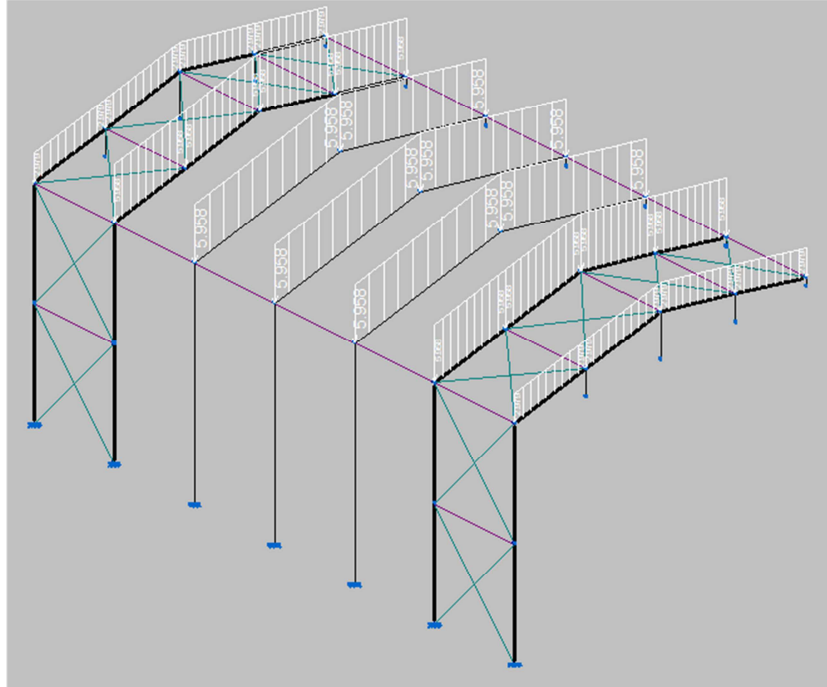


Figura A.21. Sobrecarga de nieve con su escala amplificada 5 veces

El programa considera además otras dos hipótesis de nieve correspondientes a las posibles distribuciones asimétricas de la nieve sobre la cubierta debido al eventual transporte de esta por el viento, reduciendo a la mitad el coeficiente de forma en las partes en que la acción sea favorable como indica el apartado 4 del Art. 3.5.3, del CTE DB SE-AE:

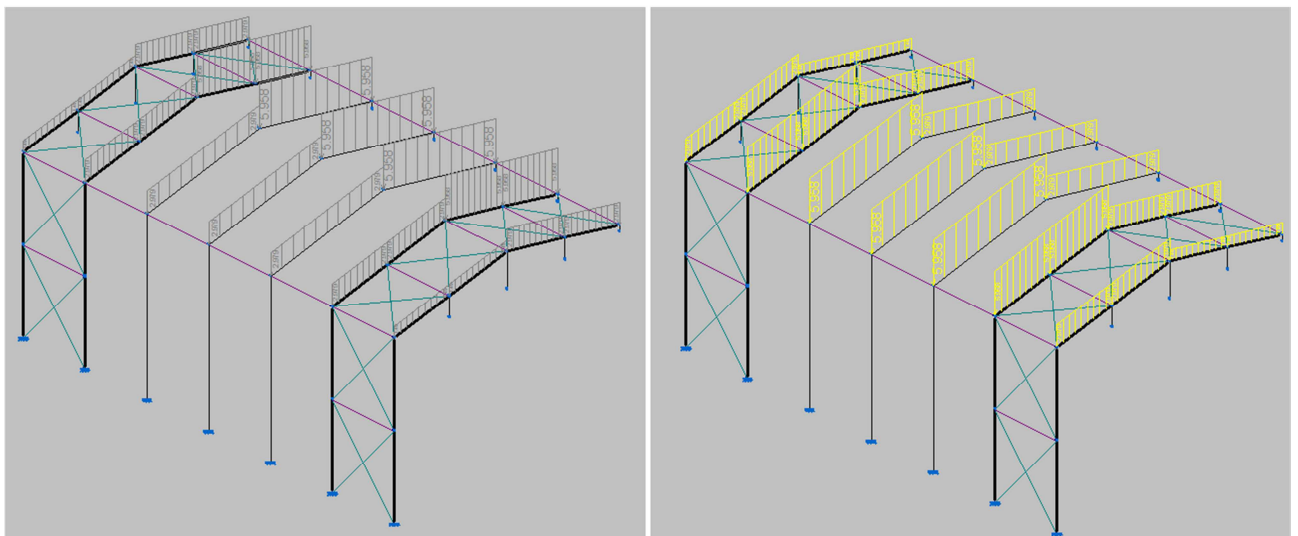
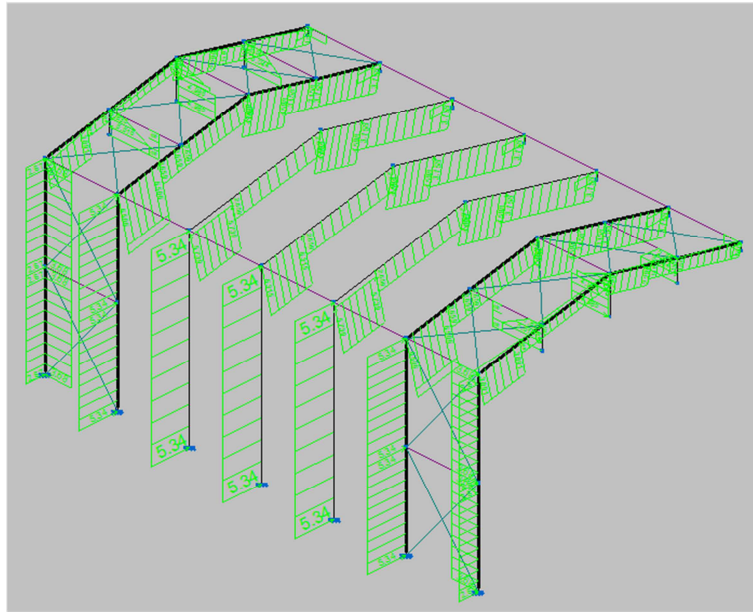


Figura A.22. Distribuciones asimétricas de nieve con su escala amplificada 5 veces

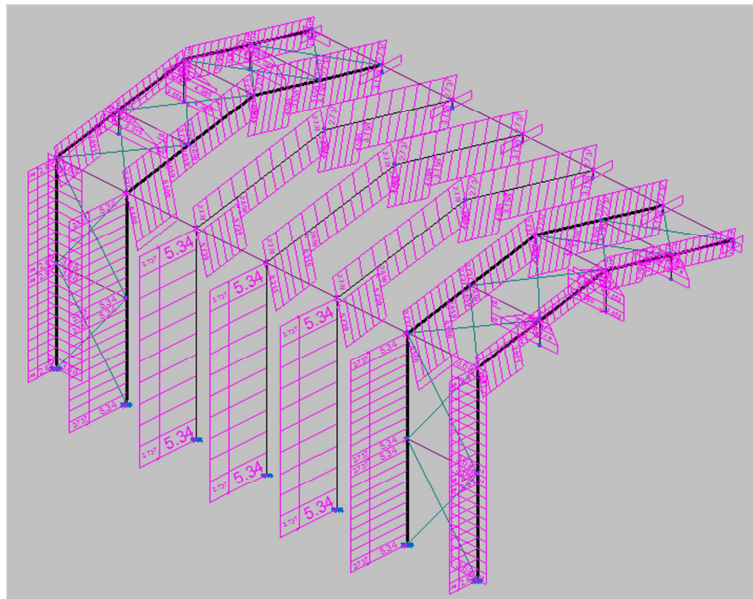
### 5.3.4.2. Cargas de viento

El programa plantea los casos que se muestran a continuación. Se ha amplificado su escala 5 veces para mejor visualización. Los seis primeros casos corresponden con los calculados en apartados anteriores en función del ancho de banda que soporta cada pieza. El programa añade a estos los casos en los cuales el viento actúa en dirección opuesta.

1. V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Sin acción en el interior

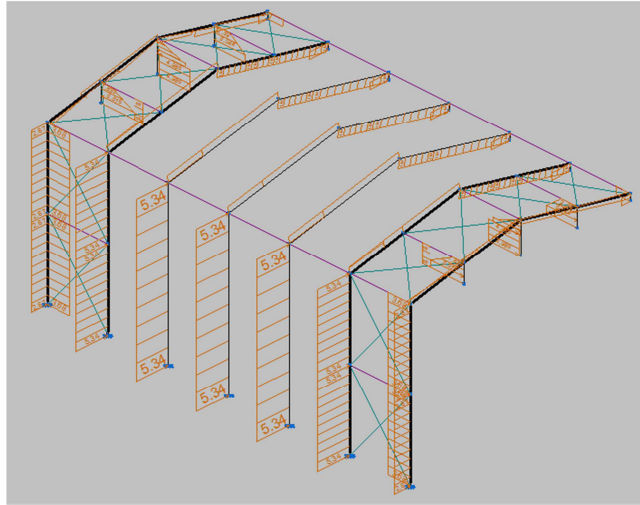


2. V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior

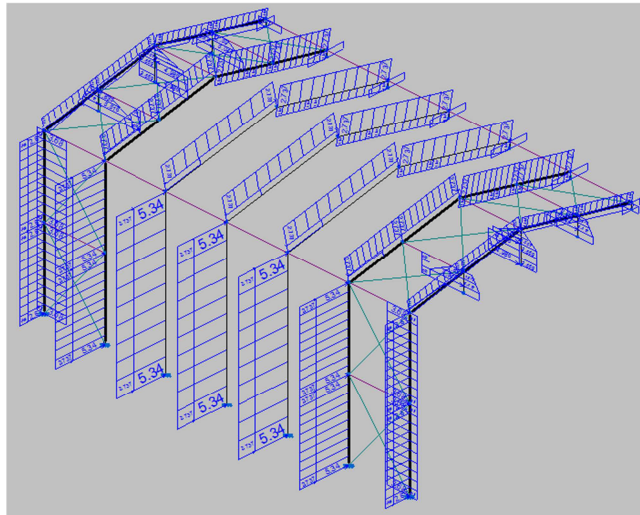




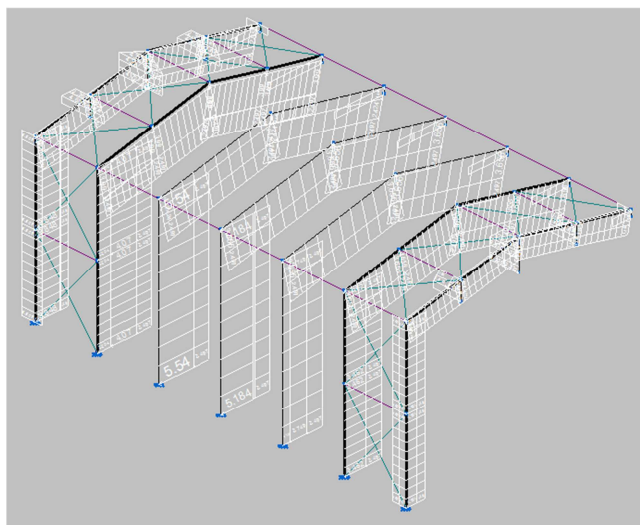
3. V(0°) H3: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Sin acción en el interior



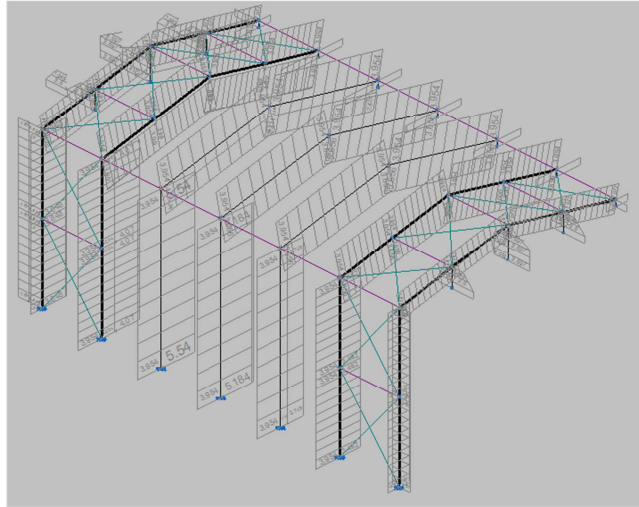
4. V(0°) H4: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior



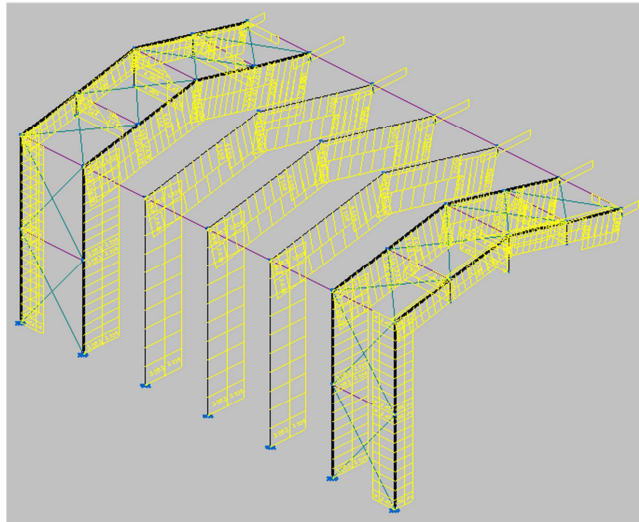
5. V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Presión interior



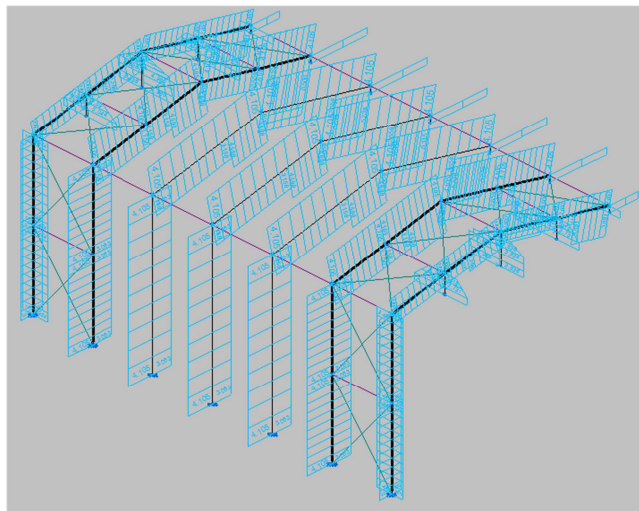
6. V(90°) H2: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior



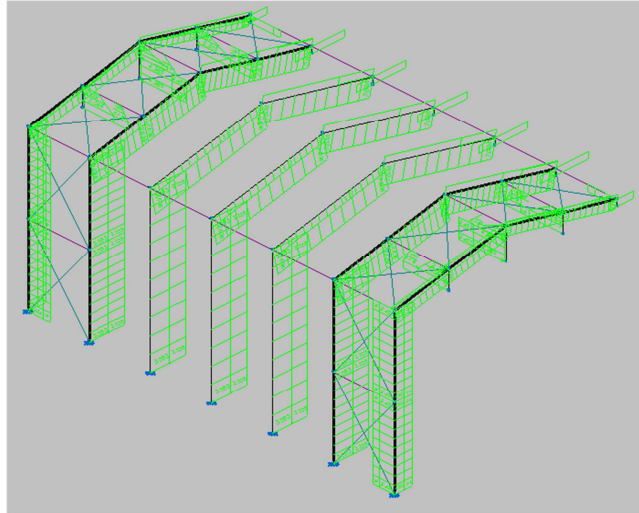
7. V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior



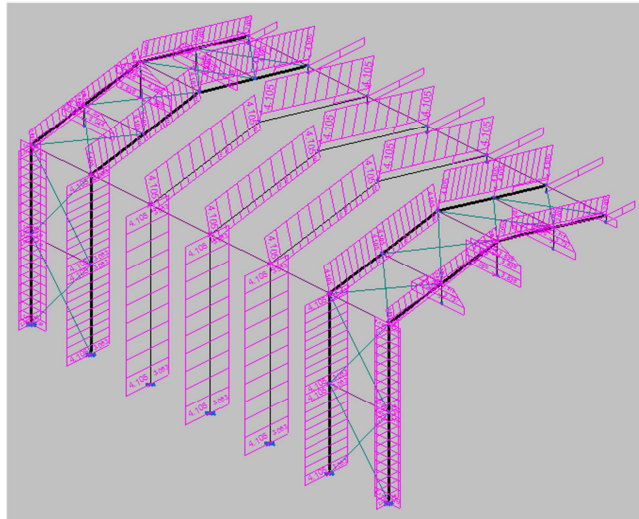
8. V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior



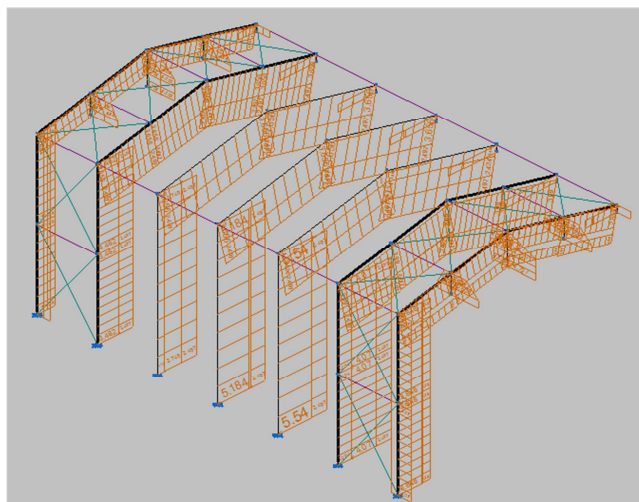
9. V(180°) H3: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior



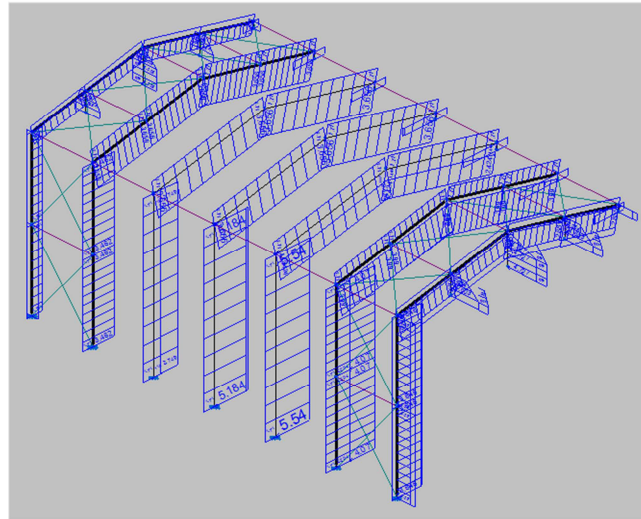
10. V(180°) H4: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior



11. V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior



12.V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior



### 5.3.5. Resultados

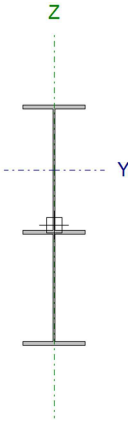
Una vez establecidas las acciones actuantes y las características de diseño, se realiza el cálculo de la estructura metálica, obteniendo los listados de las comprobaciones de estados límite últimos (E.L.U.) de los elementos. Éstos, contendrán todas las comprobaciones realizadas para dimensionar los elementos de acuerdo a la normativa seleccionada, permitiendo verificar, justificar y optimizar el dimensionamiento de los elementos estructurales.

A continuación, se incluyen los listados correspondientes a los elementos más representativos de cada uno de los grupos definidos.

Posteriormente se añadirá un resumen sobre la resistencia de todas las barras que forman la estructura de la edificación.

## 5.3.5.1. Pórticos intermedios

## 5.3.5.1.1. Dintel pórtico tipo

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.50 m. Cartela final inferior: 1.65 m.) Material: Acero (S275)									
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>						
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(3)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>a</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	z <sub>a</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	
N17	N20	9.464	101.29	47190.82	1181.48	40.12	0.00	141.01	
Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N17) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(4)</sup> Coordenadas del centro de gravedad									
		Pandeo			Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
		β	0.16	1.00	0.16	0.16			
		L <sub>K</sub>	1.527	9.464	1.527	1.527			
		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 30 Factor de forma: 214.41 m <sup>-1</sup> Temperatura máx. de la barra: 669.5 °C Pintura intumescente: 0.4 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>	
N17/N20	x:2.806m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x:9.052m $\lambda_w \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x:7.815m η = 5.7	x:2.806m η = 7.1	x:0.307m η = 92.2	x:7.815m η < 0.1	x:2.651m η = 19.3	x:2.806m η < 0.1	η < 0.1	x:0.307m η < 0.1	x:0.307m η = 85.3	η < 0.1	x:2.806m η = 0.1	x:2.651m η = 5.9	x:2.806m η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 92.2
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
N17/N20	x: 7.815 m η = 5.1	x: 2.806 m η = 9.9	x: 0.307 m η = 82.3	x: 7.815 m η < 0.1	x: 2.651 m η = 14.1	x: 2.806 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.808 m η = 83.4	η < 0.1	x: 2.806 m η = 0.1	x: 2.651 m η = 4.3	x: 2.806 m η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 83.4		
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> No hay interacción entre momento flector 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>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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.79} \quad \checkmark$$

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. **Clase :** 3

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

$$\mathbf{A} : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{2723.79} \text{ kN}$$

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. **N<sub>cr,y</sub> :** 2723.79 kN

$$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N<sub>cr,z</sub> :** 7001.59 kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N<sub>cr,T</sub> :** 9956.19 kN

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\mathbf{I_y} : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I_z} : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I_t} : \underline{28.20} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I_w} : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\mathbf{L_{ky}} : \underline{9.464} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L_{kz}} : \underline{1.527} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L_{kt}} : \underline{1.527} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i_0} : \underline{14.16} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i_0} = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

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.

$$\mathbf{i_y} : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i_z} : \underline{3.55} \text{ cm}$$

**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.

$$\mathbf{y_0} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z_0} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$73.19 \leq 342.69 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 548.95 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 7.50 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 41.17 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 18.40 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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.057} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 93.56 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 1639.52 kN

Donde:

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

**A** : 62.60 cm<sup>2</sup>

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

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.071} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{92.60} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1309.24} \text{ kN}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.80}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$$\chi_T : \underline{0.92}$$



Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : 0.88$$

$$\phi_z : 0.67$$

$$\phi_T : 0.62$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$$\alpha_T : 0.34$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.79$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.50$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.42$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 2723.79 \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 2723.79 \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 7001.59 \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 9956.19 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.837 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.922 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.307 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : 148.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.307 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V (180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : 358.85 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : 428.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **Clase** : 3

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.  $W_{el,y} : 1637.94 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{el,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : 390.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{el,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : 389.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.  $W_{el,y} : 1637.94 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.  $\gamma_{M1} : 1.05$

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT} : 0.91$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT} : 0.64$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_{LT} : 0.34$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT} : 0.44$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.  $M_{cr}^+ : 2315.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{cr}^- : 2260.97 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z} \quad M_{LTv} : 587.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{2239.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{2183.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y}^+ : \underline{1680.13} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,y}^- : \underline{1637.94} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1181.61} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{40.61} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{1.527} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{1.527} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.87} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.87} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.193 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.651 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$V_{Ed}$  : 78.92 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 409.06 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 27.05 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

36.13 < 64.71 ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 36.13

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{0.001}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$V_{Ed}$  : 0.00 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 598.42 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 39.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

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.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$113.40 \text{ kN} \leq 366.92 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{113.40} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{733.85} \text{ kN}$$

**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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.00 \text{ kN} \leq 438.32 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.307 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{876.64} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.756} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.853} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.844} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.307 m del nudo N17, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{100.71 \text{ kN}}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^- : \underline{358.85 \text{ kN}\cdot\text{m}}$ $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}}$
<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.	$N_{pl,Rd} : \underline{2721.69 \text{ kN}}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{498.88 \text{ kN}\cdot\text{m}}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{58.03 \text{ kN}\cdot\text{m}}$

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

<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> : <u>103.92 cm<sup>2</sup></u>
--------------------------------------	---

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1904.81 \text{ cm}^3}$ $W_{pl,z} : \underline{221.55 \text{ cm}^3}$
--	---

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{vd} : \underline{261.90 \text{ MPa}}$
--	---

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$
--	----------------------------------

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

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : \underline{1.01}$
--	--------------------------

$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : \underline{1.02}$
--	--------------------------

$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_{y,LT} : \underline{1.00}$
---	-------------------------------

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$ $C_{m,LT} : \underline{1.00}$
--	---

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.93}$ $\chi_z : \underline{0.87}$
--	--

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$\chi_{LT} : \underline{0.89}$
--	--------------------------------

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{0.48}$ $\bar{\lambda}_z : \underline{0.52}$
---	--

$\alpha_y, \alpha_z$ : 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  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$113.40 \text{ kN} \leq 366.81 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{113.40}{\text{ kN}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{733.61}{\text{ kN}}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{3.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.059} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.651 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{23.93} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{408.91} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{409.06} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{31.81} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{598.14 \text{ kN}}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{598.42 \text{ kN}}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.18 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52 \text{ cm}^3}$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90 \text{ MPa}}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{26.82 \text{ kN}}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{521.02 \text{ kN}}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{83.23 \text{ MPa}}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{83.23 \text{ MPa}}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.052} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.099} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{26.90} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{521.02} \text{ kN}$$

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** : 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.

$$f_{yd} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{271.38} \text{ kN}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 83.23$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : 0.30$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$\chi_y : 0.52$

$\chi_z : 0.76$

$\chi_T : 0.82$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\Phi_y : 1.24$

$\Phi_z : 0.82$

$\Phi_T : 0.73$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\alpha_T : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y : 1.03$

$\bar{\lambda}_z : 0.64$

$\bar{\lambda}_T : 0.54$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\lambda,\theta} : 1.30$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 2723.79$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 2723.79$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 7001.59$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : 9956.19$  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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.656$  ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.823$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.307 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{22.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.307 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$$\mathbf{M}_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^- : \underline{89.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $\mathbf{M}_{c,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{M}_{c,Rd} = W_{el,y} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{136.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **Clase :** 3

$\mathbf{W}_{el,y}$ : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.  **$\mathbf{W}_{el,y}$  :** 1637.94 cm<sup>3</sup>

$\mathbf{f}_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  **$\mathbf{f}_{yd}$  :** 83.23 MPa

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f}_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$\mathbf{f}_{y,\theta}$  :** 83.23 MPa

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f}_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$\mathbf{f}_y$  :** 275.00 MPa

$\mathbf{k}_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  **$\mathbf{k}_{y,\theta}$  :** 0.30

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  **$\gamma_{M,\theta}$  :** 1.00

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

El momento flector resistente de cálculo  $\mathbf{M}_{b,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{M}_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{el,y}^+ \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{b,Rd}^+ : \underline{109.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{el,y}^- \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{b,Rd}^- : \underline{108.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$\mathbf{W}_{el,y}$ : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.  **$\mathbf{W}_{el,y}$  :** 1637.94 cm<sup>3</sup>

$\mathbf{f}_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  **$\mathbf{f}_{yd}$  :** 83.23 MPa

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f}_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$\mathbf{f}_{y,\theta}$  :** 83.23 MPa

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f}_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$\mathbf{f}_y$  :** 275.00 MPa

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

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.80}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} : \underline{0.76}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.57}$$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.30}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{2315.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{2260.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : \underline{587.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{r,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{2239.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{2183.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y}^+ : \underline{1680.13} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,y}^- : \underline{1637.94} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1181.61} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{40.61} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{1.527} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{1.527} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.87} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.87} \text{ cm}$$

### 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

$M_{Ed}^+$ : 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 un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

$M_{Ed}^-$ : 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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{12.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 83.23 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 83.23 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta}$  : 0.30

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.141} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.651 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$V_{Ed} : \underline{18.29} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{129.99} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.05} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{36.13}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$



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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$V_{Ed}$ : 0.00 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : 190.17 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 39.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

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.

$f_{yd}$ : 83.23 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$f_{y,\theta}$ : 83.23 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$k_{y,\theta}$ : 0.30

$\gamma_{M,\theta}$ : 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$25.84 \text{ kN} \leq 116.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$V_{Ed} : \underline{25.84} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{233.21} \text{ kN}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.604} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.834} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.747} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.808 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{26.11} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{37.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{521.02} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$ : 66.92 kN·m  
 $M_{pl,Rd,z}$ : 12.82 kN·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.

$$f_{yd}: \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta}: \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$ :** 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.

$$k_{y,\theta}: \underline{0.30}$$

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta}: \underline{1.00}$$

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y: \underline{1.08}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z: \underline{1.05}$$

$$k_{v,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{v,LT}: \underline{0.99}$$

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

$$C_{m,y}: \underline{1.00}$$

$$C_{m,z}: \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT}: \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y: \underline{0.52}$$

$$\chi_z: \underline{0.76}$$

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

$$\chi_{LT}: \underline{0.81}$$

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

$$\bar{\lambda}_y: \underline{1.03}$$

$$\bar{\lambda}_z: \underline{0.64}$$

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ :** 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+0.5·V(180°)H4.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$25.84 \text{ kN} \leq 116.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{25.84} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{233.21} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.651 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.53} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{129.94} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{129.99} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{31.81} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.806 m del nudo N17, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{190.08} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{190.17} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{83.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

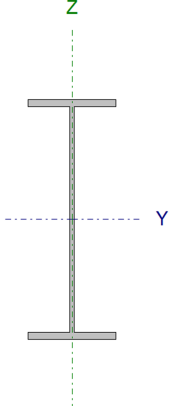
$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

## 5.3.5.1.2. Pilar largo pórtico tipo

Perfil: IPE 600 Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</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> )	
N16	N68	11.500	156.00	92080.00	3387.00	165.00	
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	0.14	1.76	0.54	0.14		
	L <sub>K</sub>	1.560	20.260	6.240	1.560		
	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: 136.12 m-1							
Temperatura máx. de la barra: 335.5 °C							
Pintura intumescente: 3.4 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>
N16/N68	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 11.5 m η = 1.8	x: 0 m η = 6.5	x: 0 m η = 96.6	x: 0 m η = 1.8	x: 0 m η = 9.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 96.7	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 4.7	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 96.7
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>			
N16/N68	x: 11.5m η = 0.4	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 39.4	x: 0 m η = 0.8	x: 0 m η = 3.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 41.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 1.9	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 41.1		
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>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 (%)																

**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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.91} \quad \checkmark$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{146.23} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$N_{cr} : \underline{4649.49} \text{ kN}$$

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.  $N_{cr,y} : \underline{4649.49} \text{ kN}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \underline{28845.96} \text{ kN}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \underline{4659.40} \text{ kN}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{92080.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{3387.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_t : \underline{165.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_w : \underline{2846000.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{20.260} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{1.560} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{6.240} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{24.74} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

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.

$$i_y : \underline{24.30} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.66} \text{ cm}$$

**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.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$



**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$46.83 \leq 301.97 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 562.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 12.00 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 67.44 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 41.80 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>** : 265.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 72.27 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 3937.14 kN

Donde:

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

**A** : 156.00 cm<sup>2</sup>

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{157.40} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{3690.57} \text{ kN}$$

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. **Clase** : 4

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{146.23} \text{ cm}^2$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

**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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{2411.74} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{146.23} \text{ cm}^2$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_v : \underline{0.73}$$

$$\chi_z : \underline{0.94}$$

$$\chi_T : \underline{0.65}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : 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.

$$\phi_y : 0.99$$

$$\phi_z : 0.60$$

$$\phi_T : 1.04$$

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$$\alpha_T : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.91$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.37$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.91$$

$$N_{cr} : 4649.49 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 4649.49 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 28845.96 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : 4659.40 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.494 \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.966 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : 437.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : 435.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : 886.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,y} : 3512.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : 453.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : 844.69 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : 3512.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 265.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : 1.05$

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : 0.51$$

$$\chi_{LT}^- : 0.95$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+ : 1.31$$

$$\Phi_{LT}^- : 0.58$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_{LT} : 0.34$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+ : 1.14$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^- : 0.33$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : 714.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : 8544.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{490.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{1963.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{519.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{8315.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{3069.33} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{3387.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{165.00} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{6.240} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{1.560} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{5.64} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{5.64} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{122.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z} :$  486.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y :$  265.00 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.095} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} :$  116.35 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{1221.07} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v :$  83.80 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  $h :$  600.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w :$  12.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y :$  265.00 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 42.83 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{42.83}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{1290.43} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{88.56} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{156.00} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{562.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_v$ : 265.00 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 116.35 \text{ kN} \leq 610.53 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 116.35 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$ : 1221.07 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.17 \text{ kN} \leq 645.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 0.17 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$ : 1290.43 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.494} \quad \checkmark$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.967} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.946} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>1.67</u> kN
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> , <b>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> <sup>+</sup> : <u>437.66</u> kN·m
	<b>M<sub>z,Ed</sub></b> <sup>+</sup> : <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>3937.14</u> kN
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> , <b>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>886.36</u> kN·m
	<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>122.66</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>156.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> , <b>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>3512.00</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>486.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>252.38</u> MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>265.00</u> MPa
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>

**k<sub>y</sub>**, **k<sub>z</sub>**, **k<sub>y,LT</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.98}$$

<b>C<sub>m,y</sub></b> , <b>C<sub>m,z</sub></b> , <b>C<sub>m,LT</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>C<sub>m,LT</sub></b> : <u>1.00</u>

<b>χ<sub>y</sub></b> , <b>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>0.71</u>
	<b>χ<sub>z</sub></b> : <u>0.93</u>

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

$$\chi_{LT} : \underline{0.51}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.94}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.38}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : 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+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$116.35 \text{ kN} \leq 610.39 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{116.35} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{1220.79} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{12.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{86.84} \text{ cm}^3$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.047} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{57.10} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1220.79} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1221.07} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.08} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{86.84} \text{ cm}^3$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1290.13} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1290.43} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.08} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{86.84} \text{ cm}^3$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{11.72} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{3033.95} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{156.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{48.30} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{2843.95} \text{ kN}$$

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. **Clase** : 4

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{146.23} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1683.34} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{146.23} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.59}$$

$$\chi_z : \underline{0.91}$$

$$\chi_T : \underline{0.59}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{1.09}$$

$$\Phi_z : \underline{0.61}$$

$$\Phi_T : \underline{1.09}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

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

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

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.91}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.37}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.91}$$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.00}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{4649.49} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{4649.49} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{28845.96} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{4659.40} \text{ kN}$$

### 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.192} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.394} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H2.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{124.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$$\mathbf{M}_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^- : \underline{131.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $\mathbf{M}_{c,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{M}_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{683.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **Clase :** 1

$\mathbf{W}_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  **$\mathbf{W}_{pl,y}$  :** 3512.00 cm<sup>3</sup>

$\mathbf{f}_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  **$\mathbf{f}_{yd}$  :** 194.48 MPa

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f}_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$\mathbf{f}_{y,\theta}$  :** 194.48 MPa

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f}_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$\mathbf{f}_y$  :** 265.00 MPa

$\mathbf{k}_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  **$\mathbf{k}_{y,\theta}$  :** 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)

El momento flector resistente de cálculo  $\mathbf{M}_{b,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{M}_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{b,Rd}^+ : \underline{316.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{b,Rd}^- : \underline{637.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$\mathbf{W}_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  **$\mathbf{W}_{pl,y}$  :** 3512.00 cm<sup>3</sup>

$\mathbf{f}_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  **$\mathbf{f}_{yd}$  :** 194.48 MPa

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f}_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$\mathbf{f}_{y,\theta}$  :** 194.48 MPa

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f}_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$\mathbf{f}_y$  :** 265.00 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.	$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$
$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.	
$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$	$\chi_{LT}^+ : \underline{0.46}$
	$\chi_{LT}^- : \underline{0.93}$
Siendo:	
$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$	$\Phi_{LT}^+ : \underline{1.38}$
	$\Phi_{LT}^- : \underline{0.59}$
$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$
$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda}_{LT}^+ = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{1.14}$
$\bar{\lambda}_{LT}^- = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.33}$
$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.00}$
$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.	$M_{cr}^+ : \underline{714.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$M_{cr}^- : \underline{8544.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : \underline{490.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{1963.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : \underline{519.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{8315.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{3069.33} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{3387.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{165.00} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{6.240} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{1.560} \text{ m}$$



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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{5.64} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{5.64} \text{ cm}$$

### 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{94.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{486.00} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{34.61} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{940.95} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{83.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{600.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$42.83 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{42.83}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$ : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{0.001}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$V_{Ed}$ : 0.06 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{vd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : 994.40 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 88.56 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$ : 156.00 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$ : 562.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 12.00 mm

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

$f_{vd}$ : 194.48 MPa

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$f_{y,\theta}$ : 194.48 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$k_{y,\theta}$ : 0.73

$\gamma_{M,\theta}$ : 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$34.61 \text{ kN} \leq 470.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{34.61} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{940.95} \text{ kN}$$

**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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.06 \text{ kN} \leq 497.20 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{994.40} \text{ kN}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.190} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.411} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.394} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H2.

Donde:

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

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

**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.

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

**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.

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{v,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

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

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

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

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : 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.

$$N_{c,Ed} : \underline{23.06} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{124.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{3033.95} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{683.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{94.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$A : \underline{156.00} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} : \underline{3512.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{486.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{v,LT} : \underline{0.98}$$

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$$\chi_y : \underline{0.57}$$

$$\chi_z : \underline{0.91}$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.46}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.94}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.38}$$

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**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  $PP+0.5 \cdot V(0^\circ)H2$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$34.61 \text{ kN} \leq 470.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{34.61}{\text{ kN}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{940.95}{\text{ kN}}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $PP+0.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{9.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{86.84} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{17.71} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{940.86} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{940.95} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{86.84} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{994.30} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{994.40} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{86.84} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{194.48} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$



## 5.3.5.1.3. Pilar corto pórtico tipo

Perfil: IPE 450 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</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> )
N18	N19	0.500	98.80	33740.00	1676.00	66.90
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.	
$\beta$		0.00	1.00	0.00	0.00	
$L_K$		0.000	0.500	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	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$		$M_tV_y$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,más}$ Cumple	x:0.04m $\eta = 3.3$	x:0m $\eta = 5.7$	x:0.042m $\eta = 75.5$	x:0m $\eta = 5.1$	x:0m $\eta = 10.2$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x:0.042m $\eta = 81.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x:0.042m $\eta = 1.6$	$\eta = 0.8$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.0$
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$	$M_tV_y$			
N18/N19	x:0.042m $\eta = 0.9$	x:0m $\eta = 1.9$	x:0.042m $\eta = 20.1$	x:0m $\eta = 2.2$	x:0m $\eta = 4.1$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x:0.042m $\eta = 21.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x:0.042m $\eta = 0.9$	$\eta = 0.4$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 21.5$		
Notación: $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_yV_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_zV_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_yM_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NM_yM_zV_yV_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_tV_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_tV_y$ : 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.03} \quad \checkmark$$

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. **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> :** 2797203.80 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> :** 2797203.80 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

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> :** 0.500 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L<sub>kz</sub> :** 0.000 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

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$44.77 \leq 273.56 \quad \checkmark$$

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>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.040 m del nudo N18, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 85.93 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 2587.62 kN

Donde:

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

**A** : 98.80 cm<sup>2</sup>

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

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.057} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{140.68} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{2453.21} \text{ kN}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

Para esbelteces  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.03}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2797203.80} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2797203.80} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$N_{cr,T}$ : 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.755} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{220.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{336.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{445.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^- : 3.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$   $M_{c,Rd} : 72.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z} : 276.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.102 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 78.75 \text{ kN}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 768.52 \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : 50.82 \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  $h : 450.00 \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : 9.40 \text{ mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$40.30 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : 40.30

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

 $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$ : 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

 $\varepsilon$ : Factor de reducción. $\varepsilon$ : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 7.44 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{895.85} \text{ kN}$$

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante. $A_v$ : 59.24 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**78.75 kN ≤ 384.26 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$V_{Ed}$  : 78.75 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**7.44 kN ≤ 447.92 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$V_{Ed}$  : 7.44 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.810** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.810** ✓



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.508} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>140.60</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>336.75</u> kN·m <b>M<sub>z,Ed</sub></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>2587.62</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>445.76</u> kN·m <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>72.29</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>98.80</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>1702.00</u> cm <sup>3</sup> <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>276.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
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>

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

**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.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

**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.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.03}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: 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  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$78.75 \text{ kN} \leq 383.42 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{78.75}{\text{ kN}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{766.83}{\text{ kN}}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{6.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{12.20} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{766.83} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{768.52} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.83} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{7.43} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{893.88} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{895.85} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.83} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{17.54} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{vd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1969.86} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{vd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$N_{c,Ed}$  : 34.80 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$  : 1867.54 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** : 4

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$A_{ef}$  : 93.67 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 199.38 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$f_{y,\theta}$  : 199.38 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}$  : 0.03

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$A_{ef}$  : 93.67 cm<sup>2</sup>

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,\theta}$  : 1.00

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 2797203.80 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 2797203.80 kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : ∞

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  : ∞

**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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.201} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{46.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{68.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{339.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

$W_{pl,y}$ : 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.

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{55.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **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.

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 199.38 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.041} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{23.72} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{vd}}{\sqrt{3}} \quad \mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{585.05} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A_v}: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v} : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

$$\mathbf{h}: \text{Canto de la sección.} \quad \mathbf{h} : \underline{450.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{t_w}: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t_w} : \underline{9.40} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f_{vd}}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{vd}} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{vd}} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_{y,\theta}}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f_{y,\theta}} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{y,\theta}} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$$\mathbf{f_y}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k_{y,\theta}}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k_{y,\theta}} : \underline{0.73}$$

$$\mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M,\theta}} : \underline{1.00}$$

#### 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{40.30} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\mathbf{\lambda_w}: \text{Esbeltez del alma.} \quad \mathbf{\lambda_w} : \underline{40.30}$$

$$\mathbf{\lambda_w} = \frac{d}{t_w}$$

$$\mathbf{\lambda_{m\acute{a}x}}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \mathbf{\lambda_{m\acute{a}x}} : \underline{64.71}$$

$$\mathbf{\lambda_{m\acute{a}x}} = 70 \cdot \varepsilon$$

$$\mathbf{\varepsilon}: \text{Factor de reducción.} \quad \mathbf{\varepsilon} : \underline{0.92}$$

$$\mathbf{\varepsilon} = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad \mathbf{f_{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_y}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.48} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{681.97} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{59.24} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{420.80} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$23.72 \text{ kN} \leq 292.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$$V_{Ed} : \underline{23.72} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{585.05} \text{ kN}$$

**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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.48 \text{ kN} \leq 340.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.48} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{681.97} \text{ kN}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.215} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.215} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.134} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{26.46} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{68.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1969.86} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{339.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{55.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : 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.  $f_{yd} : 199.38$  MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 199.38$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : 1.00$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : 1.00$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : 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.  $\chi_y : 1.00$

$\chi_z : 1.00$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.  $\bar{\lambda}_y : 0.03$

$\bar{\lambda}_z : 0.00$

$\alpha_y, \alpha_z$ : 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+0.5·V(0°)H4.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$23.72 \text{ kN} \leq 292.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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.  $V_{c,Rd,z} : 585.05$  kN

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M}_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{M}_{T,Rd} : \underline{5.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W}_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

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

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{f}_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{k}_{y,\theta} : \underline{0.73}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

**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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.042 m del nudo N18, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V}_{Ed} : \underline{5.39} \text{ kN}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{584.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{585.05} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.28} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.48} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{681.32} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{681.97} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.28} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{199.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$f_{y,\theta}$ : 199.38 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

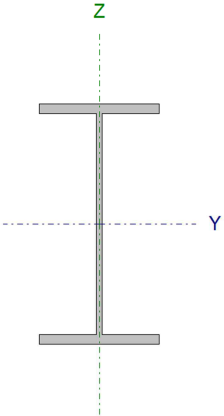
$k_{y,\theta}$ : 0.73

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$ : 1.00

## 5.3.5.2. Pórticos hastiales

## 5.3.5.2.1. Dintel hastial

Perfil: IPE 200							
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> )	
N37	N35	4.860	28.50	1943.00	142.00	6.98	
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	0.31	1.00	0.31	1.00		
	L <sub>K</sub>	1.527	4.860	1.527	4.860		
	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 30							
Factor de forma: 289.49 m <sup>-1</sup>							
Temperatura máx. de la barra: 566.0 °C							
Pintura intumescente: 0.8 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>
N37/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 4.783m η = 7.0	x: 0m η = 3.9	x: 0m η = 77.9	x: 4.783m η = 26.2	x: 0m η = 9.6	x: 0m η = 1.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0m η = 84.3	η < 0.1	η = 63.9	x: 0m η = 2.9	x: 0m η = 0.9	<b>CUMPLE</b> η = 84.3
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>			
N37/N35	x: 4.781m η = 3.8	x: 0m η = 2.7	x: 0m η = 54.4	x: 4.783m η = 15.4	x: 0m η = 4.0	x: 0m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0m η = 60.4	η < 0.1	η = 34.6	x: 0m η = 1.9	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 60.4		
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>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 (%)																

**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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.92} \quad \checkmark$$

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.

$$\text{A} : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

**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.

$$\text{N}_{cr} : \underline{928.75} \text{ kN}$$

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.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{1705.19} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{1261.71} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{928.75} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{1943.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{142.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_t : \underline{6.98} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_w : \underline{13000.00} \text{ cm}^6$$

**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.

$$\text{L}_{ky} : \underline{4.860} \text{ m}$$

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

$$\text{L}_{kz} : \underline{1.527} \text{ m}$$

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

$$\text{L}_{kt} : \underline{4.860} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\text{i}_0 : \underline{8.55} \text{ cm}$$

$$\text{i}_0 = \left( i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

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.

$$\text{i}_y : \underline{8.26} \text{ cm}$$

$$\text{i}_z : \underline{2.23} \text{ cm}$$

**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$32.68 \leq 251.55 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 183.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 5.60 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 10.25 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 8.50 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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.783 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 52.57 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 746.43 kN

Donde:

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

**A** : 28.50 cm<sup>2</sup>

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

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{18.73} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{484.58} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.86}$$

$$\chi_z : \underline{0.73}$$

$$\chi_T : \underline{0.65}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.78}$$

$$\phi_z : \underline{0.91}$$

$$\phi_T : \underline{1.04}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.68}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.79}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.92}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{928.75} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1705.19} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1261.71} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{928.75} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.308} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.779} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{12.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{17.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  **$W_{pl,y}$  :** 221.00 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : \underline{50.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : \underline{22.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  **$W_{pl,y}$  :** 221.00 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : \underline{0.87}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.40}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+ : \underline{0.75}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.68}$$

**$\alpha_{LT}$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

**$\bar{\lambda}_{LT}$ :** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.64}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.45}$$

**$M_{cr}$ :** Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{146.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{29.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : 84.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : 26.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : 119.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : 11.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : 194.30 \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : 142.00 \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 6.98 \text{ cm}^4$$

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.

$$L_c^+ : 1.527 \text{ m}$$

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

$$L_c^- : 4.860 \text{ m}$$

$C_1$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : 2.64 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 2.64 \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.262 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.783 m del nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : 1.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.783 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : 3.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{11.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,z} :$  44.60 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.096} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} :$  20.26 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v :$  14.02 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  $h :$  200.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w :$  5.60 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{28.39 < 64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{\max}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{\max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

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

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

$f_y$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

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

$$V_{\text{Ed}} : \underline{3.29} \text{ kN}$$

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

$$V_{\text{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{\text{yd}}}{\sqrt{3}} \quad V_{\text{c,Rd}} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

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

$$f_{\text{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{\text{yd}} = f_y / \gamma_{\text{M0}}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$20.26 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)1$ .

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

$V_{Ed}$ : 20.26 kN

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

$V_{c,Rd}$ : 211.94 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.29 \text{ kN} \leq 137.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$V_{Ed}$ : 3.29 kN

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

$V_{c,Rd}$ : 275.99 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.370} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.823} \quad \checkmark$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.843} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>ésimos</sup> se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(R)1.

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo p <sup>ésimo</sup> .	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>5.58</u> kN
<b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo p <sup>ésimos</sup> , según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> : <u>17.85</u> kN·m <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : <u>0.63</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>746.43</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>57.88</u> kN·m <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>11.68</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>28.50</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>221.00</u> cm <sup>3</sup> <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>44.60</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
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>

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>, C<sub>m,LT</sub>**: 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>C<sub>m,LT</sub></b> : <u>1.00</u>

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>χ<sub>y</sub></b> : <u>0.86</u>
<b>χ<sub>z</sub></b> : <u>0.73</u>

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

<b>χ<sub>LT</sub></b> : <u>0.40</u>
-------------------------------------

**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.

<b>λ<sub>y</sub></b> : <u>0.68</u>
<b>λ<sub>z</sub></b> : <u>0.79</u>

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: 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 - 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  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)1$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$20.26 \text{ kN} \leq 93.23 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{20.26} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{186.47} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.639} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{5.48} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{186.47} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{42.70} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{2.19} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{242.82} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{42.70} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$$\mathbf{W_T}: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad \mathbf{W_T}: \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{f_{vd}}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{vd}}: \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{vd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_y}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y}: \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{\gamma_{M0}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M0}}: \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.038} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.781 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

$$\mathbf{N_{t,Ed}}: \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{N_{t,Ed}}: \underline{17.02} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{vd} \quad \mathbf{N_{t,Rd}}: \underline{451.01} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A}: \text{Área bruta de la sección transversal de la barra.} \quad \mathbf{A}: \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{f_{vd}}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{vd}}: \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{vd}} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_{y,\theta}}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f_{y,\theta}}: \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{y,\theta}} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$$\mathbf{f_y}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y}: \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k_{y,\theta}}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k_{y,\theta}}: \underline{0.58}$$

$$\mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \underline{1.00}$$

### Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.013} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{5.80} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{451.01} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$** : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

**$\gamma_{M,\theta}$** : 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{217.97} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$** : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

**$\gamma_{M,\theta}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$k_{\lambda,\theta}$ : 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.

$$\chi_y : 0.65$$

$$\chi_z : 0.57$$

$$\chi_T : 0.48$$

$$\Phi_y : 0.98$$

$$\Phi_z : 1.13$$

$$\Phi_T : 1.33$$

$$\alpha_y : 0.49$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\alpha_T : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.81$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.95$$

$$\bar{\lambda}_T : 1.10$$

$$k_{\lambda,\theta} : 1.20$$

$$N_{cr} : 928.75 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 1705.19 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 1261.71 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : 928.75 \text{ kN}$$

### 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.136 \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.544 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : 3.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$M_{Ed}^- : 4.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{34.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : \underline{0.58}$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : \underline{23.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : \underline{8.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : \underline{0.58}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : \underline{0.68}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.25}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.94}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{2.38}$$

 $\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$$

 $\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.77}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.73}$$

 $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.20}$$

 $M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{146.69 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{cr}^- : \underline{29.06 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

 $M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{84.48 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{26.54 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

 $M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : \underline{119.92 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{11.84 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{194.30 \text{ cm}^3}$$

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

$$I_z : \underline{142.00 \text{ cm}^4}$$

 $I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{6.98 \text{ cm}^4}$$

 $E$ : Módulo de elasticidad.

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

 $G$ : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{1.527 \text{ m}}$$

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

$$L_c^- : \underline{4.860 \text{ m}}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

 $i_{f,z}$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{2.64 \text{ cm}}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{2.64 \text{ cm}}$$



**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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.154} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.783 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.783 m del nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{7.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y **Clase** : 1  
de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z}$  : 44.60 cm<sup>3</sup>

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$  : 158.25 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta}$  : 0.58

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.040} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$$\mathbf{V}_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed} : \underline{5.18} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $\mathbf{V}_{c,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{V}_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \mathbf{V}_{c,Rd} : \underline{128.06} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A}_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A}_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A}_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$$\mathbf{h}: \text{Canto de la sección.} \quad \mathbf{h} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{t}_w: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t}_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f}_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f}_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{y,\theta}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f}_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k}_{y,\theta}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k}_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

$$\mathbf{\gamma}_{M,\theta}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma}_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{28.39} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\mathbf{\lambda}_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \mathbf{\lambda}_w : \underline{28.39}$$

$$\mathbf{\lambda}_w = \frac{d}{t_w}$$

$$\mathbf{\lambda}_{m\acute{a}x}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \mathbf{\lambda}_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\mathbf{\lambda}_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$$\mathbf{\varepsilon}: \text{Factor de reducción.} \quad \mathbf{\varepsilon} : \underline{0.92}$$

$$\mathbf{\varepsilon} = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{ref}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad \mathbf{f}_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.11} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{166.76} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{183.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$5.18 \text{ kN} \leq 64.03 \text{ kN} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 5.18 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 128.06 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.11 \text{ kN} \leq 83.38 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 1.11 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 166.76 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.190} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.589} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.604} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 3.64 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}$  : 4.74 kN·m  
 $M_{z,Ed}$  : 0.33 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.

**$N_{pl,Rd}$  :** 451.01 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.

**$M_{pl,Rd,y}$  :** 34.97 kN·m

**$M_{pl,Rd,z}$  :** 7.06 kN·m

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

**A:** Área de la sección bruta.

**A :** 28.50 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.

**$W_{pl,y}$  :** 221.00 cm<sup>3</sup>

**$W_{pl,z}$  :** 44.60 cm<sup>3</sup>

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{vd}$  :** 158.25 MPa

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

**$f_{y,\theta}$  :** 158.25 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$ :** 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.

**$k_{y,\theta}$  :** 0.58

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M,\theta}$  :** 1.00

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

**$k_y$  :** 1.01

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

**$k_z$  :** 1.02

$$k_{v,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

**$k_{v,LT}$  :** 1.00

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

**$C_{m,y}$  :** 1.00

**$C_{m,z}$  :** 1.00

**$C_{m,LT}$  :** 1.00

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

**$\chi_y$  :** 0.65

**$\chi_z$  :** 0.57

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

**$\chi_{LT}$  :** 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.

**$\bar{\lambda}_y$  :** 0.81

**$\bar{\lambda}_z$  :** 0.95

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ :** 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+0.5·V(180°)H4.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$5.18 \text{ kN} \leq 63.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{5.18} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{127.45} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.346} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones PP+0.2·N(R)2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.37} \text{ kN}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: 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<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{127.45} \text{ kN}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{128.06} \text{ kN}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.2·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{165.97} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{166.76} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{158.25} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

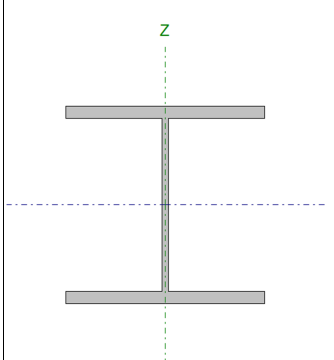
$$k_{y,\theta} : \underline{0.58}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$



## 5.3.5.2.2. Pilar largo hastial

Perfil: HE 280 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</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> )	
N31	N53	6.250	131.40	19270.00	6595.00	143.70	
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	1.40	3.35	1.28	0.25		
	L <sub>K</sub>	8 750	20.920	8.000	1.560		
	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: 131.23 m <sup>-1</sup> Temperatura máx. de la barra: 598.0 °C Pintura intumescente: 1.4 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>	
N31/N53	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.25m η=1.4	x: 0m η=12.6	x: 0m η=50.2	x: 0m η=16.1	x: 0m η=10.0	x: 0m η=1.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0m η=64.9	η < 0.1	η=0.6	x: 0m η=6.0	x: 0m η=1.1	<b>CUMPLE</b> η = 64.9
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>			
N31/N53	x: 6.25 m η = 0.5	x: 0 m η = 16.6	x: 0 m η = 49.1	x: 0 m η = 10.7	x: 0 m η = 6.6	x: 0 m η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 67.9	η < 0.1	η = 0.4	η = 0.1	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 67.9		
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>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 (%)																

**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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.95} \quad \checkmark$$

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.

$$\text{A} : \underline{131.40} \quad \text{cm}^2$$

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

$$\text{f}_y : \underline{265.00} \quad \text{MPa}$$

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

$$\text{N}_{cr} : \underline{912.63} \quad \text{kN}$$

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.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{912.63} \quad \text{kN}$$

$$\text{N}_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{1785.33} \quad \text{kN}$$

$$\text{N}_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{7772.32} \quad \text{kN}$$

$$\text{N}_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{19270.00} \quad \text{cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{6595.00} \quad \text{cm}^4$$

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

$$\text{I}_t : \underline{143.70} \quad \text{cm}^4$$

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

$$\text{I}_w : \underline{1130000.00} \quad \text{cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\text{L}_{ky} : \underline{20.920} \quad \text{m}$$

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

$$\text{L}_{kz} : \underline{8.750} \quad \text{m}$$

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

$$\text{L}_{kt} : \underline{8.000} \quad \text{m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\text{i}_0 : \underline{14.03} \quad \text{cm}$$

$$\text{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

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.

$$\text{i}_y : \underline{12.11} \quad \text{cm}$$

$$\text{i}_z : \underline{7.08} \quad \text{cm}$$

**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.

$$\text{y}_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$\text{z}_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$23.24 \leq 169.50 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 244.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 10.50 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 25.62 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 50.40 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>** : 265.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 46.96 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 3316.29 kN

Donde:

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

**A** : 131.40 cm<sup>2</sup>

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.126} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{91.25} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{3316.29} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

**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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{724.37} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.22}$$

$$\chi_z : \underline{0.35}$$

$$\chi_T : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_Y : \underline{2.71}$$

$$\Phi_Z : \underline{1.77}$$

$$\Phi_T : \underline{0.84}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_Y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_Z : \underline{0.49}$$

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

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_Y : \underline{1.95}$$

$$\bar{\lambda}_Z : \underline{1.40}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.67}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{912.63} \text{ kN}$$

$N_{cr,Y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,Y} : \underline{912.63} \text{ kN}$$

$N_{cr,Z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,Z} : \underline{1785.33} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{7772.32} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.385} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.502} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{149.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{145.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{387.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : 1534.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : 297.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : 384.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : 1534.00 \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 265.00 \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : 1.05$

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : 0.77$$

$$\chi_{LT}^- : 0.99$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+ : 0.93$$

$$\Phi_{LT}^- : 0.53$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_{LT} : 0.21$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+ : 0.85$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^- : 0.23$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : 566.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : 7510.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{498.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{2556.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{268.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{7061.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{1376.43} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{6595.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{143.70} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

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

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{8.000} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{1.560} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : 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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{7.76} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{7.76} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.161} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{25.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{29.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{181.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y **Clase** : 1  
de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**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>** : 717.60 cm<sup>3</sup>

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

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.100} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 59.67 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{599.31} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>:** Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 41.13 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h:** Canto de la sección. **h** : 280.00 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma. **t<sub>w</sub>** : 10.50 mm

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

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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

### 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:



$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$18.67 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.67}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{18.92} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{105.78} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{244.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.50} \text{ mm}$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

**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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 59.67 \text{ kN} \leq 299.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{59.67} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{599.31} \text{ kN}$$

**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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 18.92 \text{ kN} \leq 770.67 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{18.92} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.491} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.649} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.635} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N31, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : 47.39$ kN
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : 147.66$ kN·m
	$M_{z,Ed}^+ : 17.22$ 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.	$N_{pl,Rd} : 3316.29$ 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.	$M_{pl,Rd,y} : 387.15$ kN·m
	$M_{pl,Rd,z} : 181.11$ 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>131.40</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.	$W_{pl,y} : 1534.00$ cm <sup>3</sup>
	$W_{pl,z} : 717.60$ cm <sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 252.38$ MPa
--	-----------------------

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 265.00$ MPa
---	--------------------

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : 1.05$
--	----------------------

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

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : 1.05$
--	--------------

$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : 1.06$
--	--------------

$k_{v,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_{v,LT} : 0.99$
---	-------------------

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : 1.00$
--	------------------

	$C_{m,z} : 1.00$
--	------------------

	$C_{m,LT} : 1.00$
--	-------------------

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : 0.22$
	$\chi_z : 0.35$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$\chi_{LT} : 0.77$
--	--------------------

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : 1.95$
---	--------------------------

	$\bar{\lambda}_z : 1.40$
--	--------------------------

$\alpha_y, \alpha_z$ : 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  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$59.67 \text{ kN} \leq 299.10 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{59.67} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{598.21} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{11.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N31, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{36.17} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{598.21} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{599.31} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.67} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N31, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{16.95} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1538.50} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.67} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$

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

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.005} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed} : \underline{7.55} \text{ kN}$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd} : \underline{1658.66} \text{ kN}$

Donde:

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

$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$

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

$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

 $f_y$ : 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.

$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$

 $\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.024} \checkmark$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.166} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{39.31} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1658.66} \text{ kN}$$

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 :** 131.40 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 126.23 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,\theta}$  :** 126.23 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$ :** 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.  **$k_{y,\theta}$  :** 0.48

**$\gamma_{M,\theta}$ :** 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{236.55} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 131.40 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 126.23 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,\theta}$  :** 126.23 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$ :** 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.  **$k_{y,\theta}$  :** 0.48

**$\gamma_{M,\theta}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.  **$\gamma_{M,\theta}$  :** 1.00

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

 $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica. $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

 $k_{\lambda,\theta}$ : 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.

$\chi_y : 0.14$

$\chi_z : 0.25$

$\chi_T : 0.65$

$\phi_y : 3.92$

$\phi_z : 2.34$

$\phi_T : 0.99$

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\alpha_T : 0.49$

$\bar{\lambda}_y : 2.40$

$\bar{\lambda}_z : 1.72$

$\bar{\lambda}_T : 0.82$

$k_{\lambda,\theta} : 1.23$

$N_{cr} : 912.63 \text{ kN}$

$N_{cr,y} : 912.63 \text{ kN}$

$N_{cr,z} : 1785.33 \text{ kN}$

$N_{cr,T} : 7772.32 \text{ kN}$

**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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.254 \checkmark$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.491 \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$M_{Ed}^+ : 49.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

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

$M_{Ed}^- : 47.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$



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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{193.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : \underline{0.48}$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : \underline{100.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : \underline{185.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : \underline{0.48}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : \underline{0.52}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.96}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

 $\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica. $\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

 $k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$\Phi_{LT}^+ : 1.25$

$\Phi_{LT}^- : 0.56$

$\alpha_{LT} : 0.49$

$\bar{\lambda}_{LT}^+ : 1.04$

$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.29$

$k_{\lambda,\theta} : 1.23$

$M_{cr}^+ : 566.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{cr}^- : 7510.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

 $M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$M_{LTV}^+ : 498.59 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTV}^- : 2556.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$

 $M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$M_{LTW}^+ : 268.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTW}^- : 7061.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

 $W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme. $E$ : Módulo de elasticidad. $G$ : Módulo de elasticidad transversal. $L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $i_{f,z}$ : 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.

$W_{el,y} : 1376.43 \text{ cm}^3$

$I_z : 6595.00 \text{ cm}^4$

$I_t : 143.70 \text{ cm}^4$

$E : 210000 \text{ MPa}$

$G : 81000 \text{ MPa}$

$L_c^+ : 8.000 \text{ m}$

$L_c^- : 1.560 \text{ m}$

$C_1 : 1.00$

$i_{f,z}^+ : 7.76 \text{ cm}$

$i_{f,z}^- : 7.76 \text{ cm}$

**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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.107} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{9.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{90.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y **Clase** : 1  
de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z} : \underline{717.60} \text{ cm}^3$

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

$$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

 $f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

 $\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.066} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

$$\mathbf{V}_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed} : \underline{19.80} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $\mathbf{V}_{c,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{V}_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{vd}}{\sqrt{3}} \quad \mathbf{V}_{c,Rd} : \underline{299.75} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A}_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A}_v : \underline{41.13} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A}_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$$\mathbf{h}: \text{Canto de la sección.} \quad \mathbf{h} : \underline{280.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{t}_w: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t}_w : \underline{10.50} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f}_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f}_{vd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{y,\theta}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f}_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k}_{y,\theta}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k}_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

$$\mathbf{\gamma}_{M,\theta}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma}_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

#### 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{18.67} < \mathbf{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\mathbf{\lambda}_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \mathbf{\lambda}_w : \underline{18.67}$$

$$\mathbf{\lambda}_w = \frac{d}{t_w}$$

$$\mathbf{\lambda}_{m\acute{a}x}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \mathbf{\lambda}_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\mathbf{\lambda}_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$$\mathbf{\varepsilon}: \text{Factor de reducción.} \quad \mathbf{\varepsilon} : \underline{0.94}$$

$$\mathbf{\varepsilon} = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{ref}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad \mathbf{f}_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{6.30} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{770.91} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{105.78} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{244.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.50} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$19.80 \text{ kN} \leq 149.88 \text{ kN} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 19.80 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 299.75 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 6.30 \text{ kN} \leq 385.46 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 6.30 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 770.91 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.332} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.679} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.615} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N31, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 24.82 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+$  : 49.17 kN·m  
 $M_{z,Ed}^+$  : 5.73 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.  $N_{pl,Rd}$  : 1658.66 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.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{193.64}$  kN·m  
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{90.58}$  kN·m

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

**A:** Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{717.60} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.08}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.08}$$

$$k_{v,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{v,LT} : \underline{0.99}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.14}$$

$$\chi_z : \underline{0.25}$$

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

$$\chi_{LT} : \underline{0.52}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{2.40}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.72}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : 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  $PP+0.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$19.80 \text{ kN} \leq 149.82 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{19.80}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{299.64}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $PP+0.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{5.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.2·N(R)2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: 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<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{299.64} \text{ kN}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{299.75} \text{ kN}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

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

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.2·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{770.63} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{770.91} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{126.23} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

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

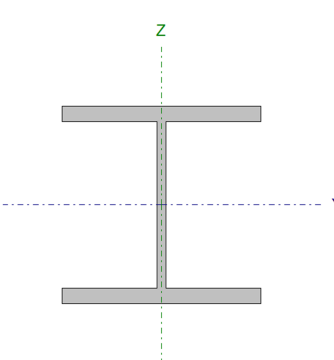
$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.48}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

## 5.3.5.2.3. Pilar corto hastial

Perfil: HE 160 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> )	
N33	N34	0.500	54.30	2492.00	889.20	31.24	
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.	
	$\beta$	0.70	1.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	0.35	0.500	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : 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: 180.43 m <sup>-1</sup> Temperatura máx. de la barra: 661.5 °C Pintura intumescente: 1.6 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>
N33/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, máx}$ Cumple	x:0.414m η = 1.7	x:0m η = 1.3	x:0.414m η = 21.1	x:0m η = 37.4	x:0.414m η = 14.6	x:0.414m η = 5.1	η < 0.1	η < 0.1	x:0m η = 58.5	η < 0.1	η = 13.0	x:0.414m η = 8.9	x:0.414m η = 2.4	<b>CUMPLE</b> η = 58.5
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>			
N33/N34	x:0.414m η = 1.4	x: 0 m η = 1.2	x:0.414m η = 19.0	x: 0 m η = 36.8	x:0.414m η = 14.1	x:0.414m η = 5.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 55.4	η < 0.1	η = 11.6	η < 0.1	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 55.4		
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>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 (%)																

**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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.10} \quad \checkmark$$

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.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$N_{cr} : \underline{150446.61} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{206598.46} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{150446.61} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{2492.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{889.20} \text{ cm}^4$$

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

$$I_t : \underline{31.24} \text{ cm}^4$$

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

$$I_w : \underline{47940.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{0.500} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.350} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{7.89} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

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.

$$i_y : \underline{6.77} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.05} \text{ cm}$$

**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.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$16.75 \leq 164.47 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{134.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{10.72} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{20.80} \text{ cm}^2$$

$k$ : 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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{24.66} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{18.64} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

Para esbelteces  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.10}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

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

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$N_{cr} : \underline{150446.61} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{206598.46} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{150446.61} \text{ kN}$$

**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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.211} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{19.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{17.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,y}$ : 354.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.374} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$$\mathbf{M_{Ed}}^-: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}}^-: \underline{16.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M_{c,Rd}}: \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$\mathbf{W_{pl,z}}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $\mathbf{W_{pl,z}}$ : 170.00 cm<sup>3</sup>

$\mathbf{f_{yd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $\mathbf{f_{yd}}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $\mathbf{f_y}$ : 275.00 MPa

$\mathbf{\gamma_{M0}}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\mathbf{\gamma_{M0}}$ : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.146} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}}: \underline{38.84} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \mathbf{V_{c,Rd}}: \underline{266.74} \text{ kN}$$

Donde:

$\mathbf{A_v}$ : Área transversal a cortante.  $\mathbf{A_v}$ : 17.64 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$\mathbf{h}$ : Canto de la sección.  $\mathbf{h}$ : 160.00 mm

$\mathbf{t_w}$ : Espesor del alma.  $\mathbf{t_w}$ : 8.00 mm

$\mathbf{f_{yd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $\mathbf{f_{yd}}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$



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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$13.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : 13.00

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

 $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$ : 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

 $\varepsilon$ : Factor de reducción. $\varepsilon$ : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 33.35 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

 $V_{c,Rd}$ : 658.98 kN

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante. $A_v$ : 43.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

 $A$ : Área de la sección bruta. $A$ : 54.30 cm<sup>2</sup> $d$ : Altura del alma. $d$ : 134.00 mm $t_w$ : Espesor del alma. $t_w$ : 8.00 mm

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

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**34.87 kN ≤ 133.37 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

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

$V_{Ed}$  : 34.87 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 266.74 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**29.71 kN ≤ 329.49 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$V_{Ed}$  : 29.71 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 658.98 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.585 ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.561} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N33, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{18.72} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{18.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{16.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{17.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{49.63} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### **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 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$34.87 \text{ kN} \leq 129.80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{34.87} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{259.60} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.130} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{3.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.089} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{23.08} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{259.60} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{266.74} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.98} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{15.66} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{641.34} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{658.98} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.98} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{6.76} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{481.43} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{88.66} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{f_{y,\theta}} : \underline{88.66} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>y,θ</sub>**: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{k_{y,\theta}} : \underline{0.32}$$

**γ<sub>M,θ</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M,\theta}} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{5.85} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{481.43} \text{ kN}$$

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 :** 54.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 88.66 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub> :** 88.66 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**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

**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)

Para esbelteces  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  $\bar{\lambda} :$  0.13

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 54.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**k<sub>λ,θ</sub>:** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>λ,θ</sub> :** 1.29

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N<sub>cr</sub> :** 150446.61 kN

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N<sub>cr,y</sub> :** 206598.46 kN

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N<sub>cr,z</sub> :** 150446.61 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$  0.190 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{5.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

$$\mathbf{M}_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^- : \underline{5.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $\mathbf{M}_{c,Rd}$  viene dado por:

$$\mathbf{M}_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{31.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$\mathbf{W}_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $\mathbf{W}_{pl,y}$ : 354.00 cm<sup>3</sup>

$\mathbf{f}_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $\mathbf{f}_{yd}$ : 88.66 MPa

$$\mathbf{f}_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f}_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{f}_{y,\theta}$ : 88.66 MPa

$$\mathbf{f}_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f}_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $\mathbf{f}_y$ : 275.00 MPa

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

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.368} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{2.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$$\mathbf{M_{Ed}^-}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^-}: \underline{5.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M_{c,Rd}}: \underline{15.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$\mathbf{W_{pl,z}}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $\mathbf{W_{pl,z}}: \underline{170.00} \text{ cm}^3$

$\mathbf{f_{yd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $\mathbf{f_{yd}}: \underline{88.66} \text{ MPa}$

$$\mathbf{f_{yd}} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{y,\theta}}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{f_{y,\theta}}: \underline{88.66} \text{ MPa}$

$$\mathbf{f_{y,\theta}} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f_y}$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $\mathbf{f_y}: \underline{275.00} \text{ MPa}$

$\mathbf{k_{y,\theta}}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{k_{y,\theta}}: \underline{0.32}$

$\mathbf{\gamma_{M,\theta}}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \underline{1.00}$

### Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.141} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}}: \underline{12.77} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \mathbf{V_{c,Rd}}: \underline{90.30} \text{ kN}$$

Donde:

$\mathbf{A_v}$ : Área transversal a cortante.  $\mathbf{A_v}: \underline{17.64} \text{ cm}^2$

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.**h** : 160.00 mm**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.**t<sub>w</sub>** : 8.00 mm**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.**f<sub>vd</sub>** : 88.66 MPa

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>**: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.**f<sub>y,θ</sub>** : 88.66 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**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**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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

**13.00** < **64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.**λ<sub>w</sub>** : 13.00

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.**λ<sub>máx</sub>** : 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

**ε**: Factor de reducción.**ε** : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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 - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

**η** : 0.050 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.414 m del nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{11.11} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{223.08} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A_v}: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v} : \underline{43.58} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A_v} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$\mathbf{A}: \text{Área de la sección bruta.} \quad \mathbf{A} : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{d}: \text{Altura del alma.} \quad \mathbf{d} : \underline{134.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{t_w}: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t_w} : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f_{yd}}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{yd}} : \underline{88.66} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{yd}} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_{y,\theta}}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f_{y,\theta}} : \underline{88.66} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_{y,\theta}} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$$\mathbf{f_y}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k_{y,\theta}}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k_{y,\theta}} : \underline{0.32}$$

$$\mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M,\theta}} : \underline{1.00}$$

### 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  $\mathbf{V_{Ed}}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $\mathbf{V_{c,Rd}}$ .

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \quad \mathbf{11.45 \text{ kN} \leq 45.15 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{11.45} \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_{c,Rd}}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad \mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{90.30} \text{ kN}$$

**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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$9.90 \text{ kN} \leq 111.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{9.90} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{223.08} \text{ kN}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.554} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.538} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N33, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{4.44} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{5.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{5.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{481.43} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{31.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{15.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{5.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$$\sigma_{com,Ed}: \text{Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.} \quad \sigma_{com,Ed} : \underline{15.17} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{v,com} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$
$A$ : Área de la sección bruta.	$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$
$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y} : \underline{31.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$

### 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+0.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 11.45 \text{ kN} \leq 44.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{11.45} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{89.47} \text{ kN}$

### Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.116} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed} : \underline{0.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$
--	---

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{1.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{88.66} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.	$f_{y,\theta} : \underline{88.66} \text{ MPa}$
--	--

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : 0.32$   
 $\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.2·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.03$  kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : 0.03$  kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : 89.47 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : 90.30$  kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : 1.17$  MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 24.03$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 88.66$  MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 88.66$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

**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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.2·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{221.04} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{223.08} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.17} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{88.66} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{88.66} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

## 5.3.5.2.4. Pilarillo hastial

Perfil: IPE 300 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> )
N38	N35	2.500	53.80	8356.00	604.00	20.10
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.		
$\beta$	0.70	0.70	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	1.750	1.7 0	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : 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: 228.56 m <sup>-1</sup>						
Temperatura máx. de la barra: 666.0 °C						
Pintura intumescente: 2.0 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>
N38/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 53.9$	x: 0 m $\eta = 28.1$	x: 2.5 m $\eta = 11.5$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 82.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 82.7$
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>			
N38/N35	x: 2.5 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 52.9$	x: 0 m $\eta = 27.3$	x: 2.5 m $\eta = 11.4$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 81.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.6$		
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>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 $\eta$ : 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.60} \quad \checkmark$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$N_{cr} : \underline{4087.71} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{56551.14} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{4087.71} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{8356.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{604.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_t : \underline{20.10} \text{ cm}^4$$

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

$$I_w : \underline{126000.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{1.750} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{1.750} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{12.91} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

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.

$$i_y : \underline{12.46} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.35} \text{ cm}$$

**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.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$39.24 \leq 254.33 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 278.60 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 7.10 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 19.78 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 16.05 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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 18.32 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 1409.05 kN

Donde:

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

**A** : 53.80 cm<sup>2</sup>

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

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H3+1.5·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{41.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**$f_{vd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1178.31} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**$f_{vd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.84}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.51}$$

$$\phi_z : \underline{0.75}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.16}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.60}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{4087.71} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{56551.14} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{4087.71} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.539} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{88.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{52.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,y} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.281 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

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

$M_{Ed}^+$ : 8.73 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$M_{Ed}^-$ : 9.19 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : 32.74 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

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,z}$ : 125.00 cm<sup>3</sup>

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

$f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.115} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{44.77} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{388.15} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{25.67} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$35.01 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{35.01}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

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

$V_{Ed}$ : 3.68 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : 514.41 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 34.02 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$ : 53.80 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$ : 278.60 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 7.10 mm

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

$f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**21.76 kN ≤ 194.08 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 21.76 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 388.15 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  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 3.68 \text{ kN} \leq 257.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 3.68 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 514.41 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.827} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.725} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.621} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 36.44 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+$  : 88.59 kN·m  
 $M_{z,Ed}^-$  : 8.59 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. **Clase** : 1  
 $N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd}$  : 1409.05 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.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{164.48}$  kN·m  
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{32.74}$  kN·m

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

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{125.00} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.02}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : 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.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.84}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.16}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.60}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : 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 el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$21.76 \text{ kN} \leq 194.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{21.76} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{388.15} \text{ kN}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{3.27} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{460.84} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{85.66} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{85.66} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{11.80} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{460.84} \text{ kN}$$

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** : 2

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{85.66} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{85.66} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{311.02} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{85.66} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 85.66$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : 0.31$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$\chi_y : 1.00$

$\chi_z : 0.67$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\Phi_y : 0.52$

$\Phi_z : 0.95$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y : 0.21$

$\bar{\lambda}_z : 0.78$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\lambda,\theta} : 1.30$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 4087.71$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,y} : 56551.14$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : 4087.71$  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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.529$  ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$M_{Ed}^+ : 28.47$  kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

$$\mathbf{M_{Ed}^-}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^-}: \underline{15.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M_{c,Rd}}: \underline{53.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$\mathbf{W_{pl,y}}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $\mathbf{W_{pl,y}}: \underline{628.00} \text{ cm}^3$

$\mathbf{f_{yd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $\mathbf{f_{yd}}: \underline{85.66} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{y,\theta}}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{f_{y,\theta}}: \underline{85.66} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f_y}$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $\mathbf{f_y}: \underline{275.00} \text{ MPa}$

$\mathbf{k_{y,\theta}}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{k_{y,\theta}}: \underline{0.31}$

$\mathbf{\gamma_{M,\theta}}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \underline{1.00}$

**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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.273} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

$$\mathbf{M_{Ed}^+}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^+}: \underline{2.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$$\mathbf{M_{Ed}^-}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^-}: \underline{2.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{10.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  **$W_{pl,z}$  :** 125.00 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 85.66 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**$f_{y,\theta}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,\theta}$  :** 85.66 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$ :** 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.  **$k_{y,\theta}$  :** 0.31

**$\gamma_{M,\theta}$ :** 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.114} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  **$V_{Ed}$  :** 14.50 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{126.95} \text{ kN}$$

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.  **$A_v$  :** 25.67 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.  **$h$  :** 300.00 mm

**$t_w$ :** Espesor del alma.  **$t_w$  :** 7.10 mm

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 85.66 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 85.66$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.  $k_{y,\theta} : 0.31$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 35.01 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : 35.01$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon : 0.92$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.007 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 1.17$  kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 168.24 \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 34.02 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$ : 53.80 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$ : 278.60 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 7.10 mm

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

$f_{vd}$ : 85.66 MPa

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$ : 85.66 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$k_{y,\theta}$ : 0.31

$\gamma_{M,\theta}$ : 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**6.83 kN ≤ 63.47 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$V_{Ed}$ : 6.83 kN

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

$V_{c,Rd}$ : 126.95 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**1.17 kN ≤ 84.12 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.



$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 1.17$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 168.24$  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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.816 \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : 0.717 \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : 0.626 \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 11.80$  kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : 28.47$  kN·m

$M_{z,Ed}^- : 2.79$  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.

$N_{pl,Rd} : 460.84$  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.

$M_{pl,Rd,y} : 53.79$  kN·m

$M_{pl,Rd,z} : 10.71$  kN·m

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

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 53.80 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.

$W_{pl,y} : 628.00$  cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z} : 125.00$  cm<sup>3</sup>

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

$f_{yd} : 85.66$  MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$f_{y,\theta} : 85.66$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$k_{y,\theta} : 0.31$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : 1.00$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.04}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : 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.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.67}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.78}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : 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 el nudo N38, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$6.83 \text{ kN} \leq 63.47 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{6.83} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{126.95} \text{ kN}$$

### **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)

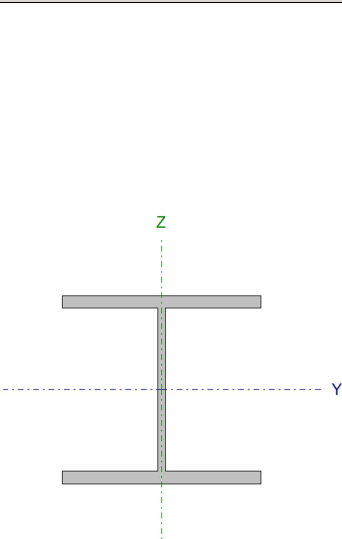
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **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.

## 5.3.5.3. Estructura secundaria

## 5.3.5.3.1. Viga de atado - Bastidor para cruces de San Andrés

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> )	
N9	N14	5.080	25.30	606.20	230.90	5.99	
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	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	5.080	5.080	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 30 Factor de forma: 289.63 m-1 Temperatura máx. de la barra: 644.0 °C Pintura intumescente: 0.6 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>
N9/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.318m $\lambda_{w,y} \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 11.4	η = 37.4	x: 2.54m η = 2.7	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0m η = 0.5	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.318m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.54m η = 39.1	x: 0.318m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 39.1
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>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>			
N9/N14	η = 9.9	η = 48.7	x: 2.54m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.318m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.54m η = 52.3	x: 0.318m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 52.3		
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 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.94} \quad \checkmark$$

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. **Clase :** 1

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

$$\mathbf{A} : \underline{25.30} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{185.45} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{486.86} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{185.45} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N}_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$\mathbf{N}_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\mathbf{I}_y : \underline{606.20} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_z : \underline{230.90} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_t : \underline{5.99} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_w : \underline{6470.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

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

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{5.080} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{5.080} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{5.75} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_0 = \left( i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

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.

$$\mathbf{i}_y : \underline{4.89} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{3.02} \text{ cm}$$

**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.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$19.60 \leq 163.67 \checkmark$$

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>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.114} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 75.81 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 662.62 kN

Donde:

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

**A** : 25.30 cm<sup>2</sup>

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

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.374} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{51.41} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{662.62} \text{ kN}$$

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. **Clase** : 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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{137.32} \text{ kN}$$

Donde:

**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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.48}$$

$$\chi_z : \underline{0.21}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.38}$$

$$\phi_z : \underline{2.80}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.20}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.94}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{185.45} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{486.86} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{185.45} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.027} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.540 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{31.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{119.50} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.67} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{127.32} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{8.42} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$14.80 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.80}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.58 \text{ kN} \leq 63.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.318 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$V_{Ed}$  : 0.58 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 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.104} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.191} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.391} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.540 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

Donde:

$$\begin{aligned} N_{c,Ed} &: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} & N_{c,Ed} &: \underline{51.11} \text{ kN} \\ M_{y,Ed}, M_{z,Ed} &: \text{Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} & M_{y,Ed}^+ &: \underline{0.85} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ & & M_{z,Ed}^+ &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \text{Clase} &: \text{Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.} & \text{Clase} &: \underline{1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{pl,Rd} &: \text{Resistencia a compresión de la sección bruta.} & N_{pl,Rd} &: \underline{662.62} \text{ kN} \\ M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} &: \text{Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} & M_{pl,Rd,y} &: \underline{31.30} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ & & M_{pl,Rd,z} &: \underline{15.41} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} A &: \text{Área de la sección bruta.} & A &: \underline{25.30} \text{ cm}^2 \\ W_{pl,y}, W_{pl,z} &: \text{Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} & W_{pl,y} &: \underline{119.50} \text{ cm}^3 \\ & & W_{pl,z} &: \underline{58.85} \text{ cm}^3 \\ f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{M1} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{M1} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.13}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.52}$$

$$\begin{aligned} C_{m,y}, C_{m,z} &: \text{Factores de momento flector uniforme equivalente.} & C_{m,y} &: \underline{1.00} \\ & & C_{m,z} &: \underline{1.00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi_y, \chi_z &: \text{Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} & \chi_y &: \underline{0.48} \\ & & \chi_z &: \underline{0.21} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z &: \text{Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.} & \bar{\lambda}_y &: \underline{1.20} \\ & & \bar{\lambda}_z &: \underline{1.94} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_y, \alpha_z &: \text{Factores dependientes de la clase de la sección.} & \alpha_y &: \underline{0.60} \\ & & \alpha_z &: \underline{0.60} \end{aligned}$$

**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 un punto situado a una distancia de 0.318 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.58 \text{ kN} \leq 63.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.58} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{127.32} \text{ kN}$$

#### **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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.099} \quad \checkmark$$

°El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{25.06} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{253.70} \text{ kN}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{100.28} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{100.28} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.066} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.487} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$ : 16.74 kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{253.70} \text{ kN}$$

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**: 25.30 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 100.28 MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta}$ : 100.28 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{34.40} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 25.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>vd</sub>:** 100.28 MPa

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

**f<sub>y,θ</sub>:** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f<sub>y,θ</sub>:** 100.28 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**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>:** 0.36

**γ<sub>M,θ</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M,θ</sub>:** 1.00

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

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

**χ<sub>y</sub>:** 0.31

**χ<sub>z</sub>:** 0.14

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

**Φ<sub>y</sub>:** 1.98

**Φ<sub>z</sub>:** 4.10

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub>:** 0.49

**α<sub>z</sub>:** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

**λ̄<sub>y</sub>:** 1.52

**λ̄<sub>z</sub>:** 2.47

**k<sub>λ,θ</sub>:** Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. **k<sub>λ,θ</sub>:** 1.27

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N<sub>cr</sub>:** 185.45 kN

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N<sub>cr,y</sub>:** 486.86 kN

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N<sub>cr,z</sub>:** 185.45 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

**η:** 0.052 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.540 m del nudo N9, para la combinación de acciones PP.

$$\mathbf{M_{Ed}^+}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^+}: \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$\mathbf{M_{Ed}^-}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^-}: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M_{c,Rd}}: \underline{11.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **Clase:** 1

$\mathbf{W_{pl,y}}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $\mathbf{W_{pl,y}}: \underline{119.50} \text{ cm}^3$

$\mathbf{f_{yd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $\mathbf{f_{yd}}: \underline{100.28} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{y,\theta}}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{f_{y,\theta}}: \underline{100.28} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$\mathbf{f_y}$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $\mathbf{f_y}: \underline{275.00} \text{ MPa}$

$\mathbf{k_{y,\theta}}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $\mathbf{k_{y,\theta}}: \underline{0.36}$

$\mathbf{\gamma_{M,\theta}}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\mathbf{\gamma_{M,\theta}}: \underline{1.00}$

**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)

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.010} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.49$  kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 48.75 \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : 8.42$  cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

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.  $f_{yd} : 100.28$  MPa

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : 100.28$  MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 14.80 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : 14.80$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon : 0.92$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.43 \text{ kN} \leq 24.37 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.318 m del nudo N9, para la combinación de acciones PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.43} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{48.75} \text{ kN}$$

**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 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.118} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.276} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.523} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.540 m del nudo N9, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{16.74} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



**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.

**Clase :** 1

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

**$N_{pl,Rd}$  :** 253.70 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.

**$M_{pl,Rd,y}$  :** 11.98 kN·m

**$M_{pl,Rd,z}$  :** 5.90 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>

**$W_{pl,z}$  :** 58.85 cm<sup>3</sup>

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{vd}$  :** 100.28 MPa

$$f_{vd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

**$f_{y,\theta}$  :** 100.28 MPa

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

**$f_y$ :** 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

**$k_y$ ,  $k_z$ :** Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

**$k_y$  :** 1.17

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

**$k_z$  :** 1.68

**$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ :** 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.

**$\chi_y$  :** 0.31

**$\chi_z$  :** 0.14

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

**$\bar{\lambda}_y$  :** 1.52

**$\bar{\lambda}_z$  :** 2.47

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ :** 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 0.318 m del nudo N9, para la combinación de acciones PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.43 \text{ kN} \leq 24.37 \text{ kN}$$



Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.43}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{48.75}{\quad} \text{ kN}$$

#### **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.

5.3.5.3.2. Tirante cruces de San Andrés lateral

Perfil: R 20 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> )
N1	N51	8.054	3.14	0.79	0.79	1.57
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		0.00	0.00	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		0.000	0.000	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						
Situación de incendio						
Resistencia requerida: R 90 Factor de forma: 200.00 m-1 Temperatura máx. de la barra: 656.5 °C Pintura intumescente: 1.8 mm						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	λ̄	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>
N1/N51	λ̄ ≤ 4.0 Cumple	η = 86.1	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	V <sub>Ed</sub> = 0.00 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 N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 86.1
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) 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. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (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>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>		
N1/N51	η = 81.3	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	V <sub>Ed</sub> = 0.00 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 N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 81.3	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) 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. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) 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>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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_v}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.861} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{68.29} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{79.29} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{yd} = f_v / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.813} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{22.65} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{27.85} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{88.65} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{88.65} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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)

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.

5.3.5.3.3. Tirante cruces de San Andrés alero, inferior

<b>Perfil: R 19</b>									
<b>Material: Acero (S275)</b>									
		Nudos		Longitud		Características mecánicas			
		Inicial	Final	(m)		Área	$I_V^{(1)}$	$I_Z^{(1)}$	$I_t^{(2)}$
		N27	N40	6.856		(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
						2.84	0.64	0.64	1.28
		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.		
		$\beta$		0.00	0.00	0.00	0.00		
		$L_K$		0.000	0.000	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 incendi</b>							
		Resistencia requerida: R 30							
		Factor de forma: 210.53 m-1							
		Temperatura máx. de la barra: 665.5 °C							
		Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_Y$	$M_Z$	$V_Z$	$V_Y$	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Y M_Z V_Y V_Z$	$M_t$	$M_t V_Z$		$M_t V_Y$
N27/N40	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 77.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ 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>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 77.1$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <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. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <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	
	$N_t$	$N_c$	$M_Y$	$M_Z$	$V_Z$	$V_Y$	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Y M_Z V_Y V_Z$	$M_t$	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$		
N27/N40	$\eta = 75.8$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ 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>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 75.8$	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <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. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															
Notación: $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_Y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_Z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_Z$ : Resistencia a corte 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 $N M_Y M_Z V_Y V_Z$ : 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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_v}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{2.84} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.771} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{55.14} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{71.56} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{2.84} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{yd} = f_v / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.758} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{17.83} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{23.53} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{2.84} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{82.99} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{82.99} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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.

## 5.3.5.3.4. Tirante cruces de San Andrés alero, cumbre

Perfil: R 15 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> )
N48	N35	7.030	1.77	0.25	0.25	0.50
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	0.00	0.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	0.000	0.000	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						
Situación de incendi						
Resistencia requerida: R 30 Factor de forma: 266.67 m-1 Temperatura máx. de la barra: 622.5 °C Pintura intumescente: 0.6 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>
N48/N35	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η=77.0	N <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	M <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	M <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	V <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	V <sub>Ed</sub> =0.00 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 N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	<b>CUMPLE</b> η=77.0
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) 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. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (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>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>		
N48/N35	η=56.5	N <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	M <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	M <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	V <sub>Ed</sub> =0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	V <sub>Ed</sub> =0.00 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 N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	<b>CUMPLE</b> η=56.5	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) 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. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) 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>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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_v}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.77} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.770} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{35.64} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{46.28} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.77} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_{yd} = f_v / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

**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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.565} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{11.43} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{20.22} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{1.77} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{114.44} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

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

$$f_{y,\theta} : \underline{114.44} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : 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.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.42}$$

$\gamma_{M,\theta}$ : 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.

## 5.3.5.4. Comprobaciones E.L.U. de todas las barras

A continuación se incluyen los listados E.L.U. de todas las barras de la estructura, tanto a temperatura ambiente como en caso de incendio. Dichos listados contienen de forma resumida los resultados de todas las comprobaciones realizadas por el programa para dimensionar los elementos estructurales, permitiendo verificar el cumplimiento de todos ellos.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_Y$	$M_Z$	$V_Z$	$V_Y$	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$NM_Y M_Z$	$NM_Y M_Z V_Y V_Z$	$M_t$	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	
N1/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.25 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0 m $\eta = 50.2$	x: 0 m $\eta = 19.9$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0 m $\eta = 1.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 64.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 64.9$
N50/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.175 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 1.158 m $\eta = 26.5$	x: 3.475 m $\eta = 12.4$	x: 6.177 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 1.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.93 m $\eta = 28.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 6.177 m $\eta = 1.0$	x: 6.177 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 28.1$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.414 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0.414 m $\eta = 21.1$	x: 0 m $\eta = 37.4$	x: 0.414 m $\eta = 14.6$	x: 0.414 m $\eta = 5.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 58.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 13.0$	x: 0.414 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 58.4$
N2/N45	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.604 m $\eta = 5.6$	x: 0.144 m $\eta = 6.2$	x: 0.144 m $\eta = 69.6$	x: 4.604 m $\eta = 20.4$	x: 0.144 m $\eta = 9.0$	x: 4.604 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.604 m $\eta = 73.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 46.7$	x: 4.604 m $\eta = 2.3$	x: 0.144 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 73.0$
N45/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.783 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta = 64.0$	x: 4.783 m $\eta = 26.8$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 71.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 36.2$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 71.9$
N4/N42	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.604 m $\eta = 5.4$	x: 0.082 m $\eta = 4.6$	x: 4.604 m $\eta = 75.7$	x: 4.604 m $\eta = 21.0$	x: 4.604 m $\eta = 9.7$	x: 0.082 m $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.604 m $\eta = 82.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 75.3$	x: 4.604 m $\eta = 0.7$	x: 4.604 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 82.9$
N42/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.783 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta = 77.8$	x: 4.783 m $\eta = 26.2$	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 84.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 63.9$	x: 0 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 84.3$
N6/N51	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.25 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 95.0$	x: 0 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 9.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 97.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 97.1$
N51/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.806 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 5.808 m $\eta = 79.6$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 5.808 m $\eta = 7.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.808 m $\eta = 87.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.3$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.04 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.042 m $\eta = 74.1$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 0.042 m $\eta = 11.5$	$\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.042 m $\eta = 79.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 39.9$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 79.9$
N7/N46	x: 2.806 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.931 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.806 m $\eta = 6.3$	x: 2.806 m $\eta = 7.9$	x: 0.307 m $\eta = 87.1$	x: 4.604 m $\eta = 0.4$	x: 2.651 m $\eta = 18.5$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.307 m $\eta = 81.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.808 m $\eta = 1.2$	x: 2.651 m $\eta = 5.4$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.1$
N46/N10	x: 0 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.448 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.211 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 3.211 m $\eta = 56.3$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 10.9$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.211 m $\eta = 61.8$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 61.8$
N9/N47	x: 2.73 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.855 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.73 m $\eta = 6.5$	x: 2.73 m $\eta = 8.0$	x: 0.231 m $\eta = 81.7$	x: 0.231 m $\eta = 4.6$	x: 2.575 m $\eta = 18.7$	x: 2.73 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.231 m $\eta = 78.3$	$\eta < 0.1$	x: 2.73 m $\eta = 1.2$	x: 2.575 m $\eta = 3.4$	x: 2.73 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 81.7$
N47/N10	x: 0 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.448 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.211 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 3.211 m $\eta = 59.6$	x: 0 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 10.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.211 m $\eta = 69.2$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.2$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.04 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.042 m $\eta = 75.5$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0.042 m $\eta = 10.3$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.042 m $\eta = 81.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.042 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 81.0$
N12/N15	x: 2.806 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.052 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 7.815 m $\eta = 5.9$	x: 2.806 m $\eta = 7.1$	x: 0.307 m $\eta = 92.2$	x: 7.815 m $\eta < 0.1$	x: 2.651 m $\eta = 19.3$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.307 m $\eta = 85.2$	$\eta < 0.1$	x: 2.806 m $\eta = 0.1$	x: 2.651 m $\eta = 5.3$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 92.2$
N14/N15	x: 2.73 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.052 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.73 m $\eta = 5.9$	x: 2.73 m $\eta = 7.3$	x: 0.231 m $\eta = 84.5$	x: 2.732 m $\eta = 0.1$	x: 2.575 m $\eta = 19.1$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.231 m $\eta = 78.5$	$\eta < 0.1$	x: 2.73 m $\eta = 0.1$	x: 2.575 m $\eta = 3.3$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 84.5$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.04 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.042 m $\eta = 75.5$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 10.2$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.042 m $\eta = 81.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	x: 0.042 m $\eta = 1.6$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 81.0$
N17/N20	x: 2.806 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.052 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 7.815 m $\eta = 5.7$	x: 2.806 m $\eta = 7.1$	x: 0.307 m $\eta = 92.2$	x: 7.815 m $\eta < 0.1$	x: 2.651 m $\eta = 19.3$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.307 m $\eta = 85.3$	$\eta < 0.1$	x: 2.806 m $\eta = 0.1$	x: 2.651 m $\eta = 5.9$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 92.2$
N19/N20	x: 2.73 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.052 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 7.815 m $\eta = 5.7$	x: 2.73 m $\eta = 7.3$	x: 0.231 m $\eta = 84.5$	x: 2.732 m $\eta = 0.1$	x: 2.575 m $\eta = 19.1$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.231 m $\eta = 78.5$	$\eta < 0.1$	x: 2.73 m $\eta = 0.1$	x: 2.575 m $\eta = 3.9$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 84.5$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w, max}$	$N_i$	$N_c$	$M_V$	$M_Z$	$V_Z$	$V_V$	$M_V V_Z$	$M_Z V_V$	$NM_V M_Z$	$NM_V M_Z V_V V_Z$	$M_i$	$M_i V_Z$	$M_i V_V$	
N23/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 0.04 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.042 m $\eta = 75.5$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0.042 m $\eta = 10.3$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.042 m $\eta = 81.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.042 m $\eta = 1.9$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 81.0$
N22/N25	x: 2.806 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.052 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 7.815 m $\eta = 5.9$	x: 2.806 m $\eta = 7.1$	x: 0.307 m $\eta = 92.2$	x: 7.815 m $\eta < 0.1$	x: 2.651 m $\eta = 19.3$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.307 m $\eta = 85.2$	$\eta < 0.1$	x: 2.806 m $\eta = 0.1$	x: 2.651 m $\eta = 5.4$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 92.2$
N24/N25	x: 2.73 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.052 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 2.73 m $\eta = 5.9$	x: 2.73 m $\eta = 7.3$	x: 0.231 m $\eta = 84.5$	x: 2.732 m $\eta = 0.1$	x: 2.575 m $\eta = 19.1$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.231 m $\eta = 78.5$	$\eta < 0.1$	x: 2.73 m $\eta = 0.1$	x: 2.575 m $\eta = 3.5$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 84.5$
N26/N52	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 6.25 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 95.0$	x: 0 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 9.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 97.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 97.1$
N52/N27	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 5.806 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 5.808 m $\eta = 79.6$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 7.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.808 m $\eta = 87.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.3$
N28/N29	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 0.04 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.042 m $\eta = 74.1$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 0.042 m $\eta = 11.5$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.042 m $\eta = 79.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 39.9$	x: 0.042 m $\eta = 2.6$	$\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 79.9$
N27/N48	x: 2.806 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.931 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 2.806 m $\eta = 6.3$	x: 2.806 m $\eta = 7.9$	x: 0.307 m $\eta = 87.1$	x: 4.604 m $\eta = 0.4$	x: 2.651 m $\eta = 18.5$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.307 m $\eta = 81.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.808 m $\eta = 1.2$	x: 2.651 m $\eta = 6.0$	x: 2.806 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.1$
N48/N30	x: 0 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.448 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 3.211 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 3.211 m $\eta = 52.2$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 10.9$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.211 m $\eta = 61.8$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 61.8$
N29/N49	x: 2.73 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.855 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 2.73 m $\eta = 6.5$	x: 2.73 m $\eta = 8.0$	x: 0.231 m $\eta = 81.7$	x: 0.231 m $\eta = 4.6$	x: 2.575 m $\eta = 18.7$	x: 2.73 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.231 m $\eta = 78.3$	$\eta < 0.1$	x: 2.73 m $\eta = 1.2$	x: 2.575 m $\eta = 4.0$	x: 2.73 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 81.7$
N49/N30	x: 0 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.448 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 3.211 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 3.211 m $\eta = 59.6$	x: 0 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 10.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.211 m $\eta = 69.2$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 3.209 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.2$
N31/N53	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 6.25 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 0 m $\eta = 50.2$	x: 0 m $\eta = 16.1$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 64.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 1.1$	CUMPLE $\eta = 64.9$
N53/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 6.175 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 7.6$	x: 1.158 m $\eta = 26.5$	x: 3.475 m $\eta = 11.1$	x: 6.177 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.93 m $\eta = 28.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 6.177 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 1.0$	CUMPLE $\eta = 28.1$
N33/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 0.414 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0.414 m $\eta = 21.1$	x: 0 m $\eta = 37.4$	x: 0.414 m $\eta = 14.6$	x: 0.414 m $\eta = 5.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 58.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 13.0$	x: 0.414 m $\eta = 8.9$	x: 0.414 m $\eta = 2.4$	CUMPLE $\eta = 58.5$
N32/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 4.604 m $\eta = 5.6$	x: 0.144 m $\eta = 6.2$	x: 0.144 m $\eta = 69.6$	x: 4.604 m $\eta = 20.4$	x: 0.144 m $\eta = 9.0$	x: 4.604 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.604 m $\eta = 73.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 46.7$	x: 0.144 m $\eta = 2.7$	x: 0.144 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 73.1$
N40/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 4.783 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 64.1$	x: 4.783 m $\eta = 26.8$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 72.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 36.2$	x: 4.783 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 72.0$
N34/N37	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 4.604 m $\eta = 5.4$	x: 0.082 m $\eta = 4.6$	x: 4.604 m $\eta = 75.7$	x: 4.604 m $\eta = 21.0$	x: 4.604 m $\eta = 9.7$	x: 0.082 m $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.604 m $\eta = 82.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 75.3$	x: 0.082 m $\eta = 3.2$	x: 0.082 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 82.9$
N37/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 4.783 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 77.9$	x: 4.783 m $\eta = 26.2$	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 84.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 63.9$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 84.3$
N36/N37	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 1.368 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 26.2$	x: 1.37 m $\eta = 4.5$	$\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 33.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 33.7$
N38/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 53.9$	x: 0 m $\eta = 28.1$	x: 2.5 m $\eta = 11.5$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 82.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 82.7$
N39/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 1.368 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0.228 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 60.6$	x: 1.37 m $\eta = 2.7$	$\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 63.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 63.6$
N41/N42	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 1.368 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 26.2$	x: 1.37 m $\eta = 4.5$	$\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 33.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 33.7$
N43/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 53.9$	x: 0 m $\eta = 28.1$	x: 2.5 m $\eta = 11.5$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 82.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 82.7$
N44/N45	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	x: 1.368 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0.228 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 60.6$	x: 1.37 m $\eta = 2.7$	$\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 63.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 63.7$
N2/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.318 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	$\eta = 2.4$	$\eta = 37.0$	x: 2.54 m $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.54 m $\eta = 38.5$	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 38.5$
N7/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.318 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	$\eta = 10.7$	$\eta = 30.5$	x: 2.54 m $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.54 m $\eta = 32.0$	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 32.0$
N12/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.318 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, max}$ Cumple	$\eta = 10.7$	$\eta = 30.3$	x: 2.54 m $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 2.54 m $\eta = 31.9$	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 31.9$



Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_Y$	$M_Z$	$V_Z$	$V_Y$	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$NM_Y M_Z$	$NM_Y M_Z V_Y V_Z$	$M_t$	$M_Y V_Z$	$M_t V_Y$	
N47/N5	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 56.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.1$
N42/N10	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 56.6$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.6$
N9/N42	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 76.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 76.7$
N4/N47	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 65.5$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 65.5$
N27/N40	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 77.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 77.1$
N32/N48	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 46.3$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 46.3$
N48/N35	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 77.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 77.0$
N40/N30	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 46.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 46.0$
N37/N30	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 41.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 41.2$
N49/N35	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 56.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.1$
N34/N49	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 47.6$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 47.6$
N29/N37	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 76.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 76.7$
N51/N2	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 48.5$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 48.5$
N50/N7	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 42.9$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 42.9$
N6/N50	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 67.8$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 67.8$
N1/N51	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 86.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 86.1$
N53/N27	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 42.8$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 42.8$
N52/N32	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 56.6$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.6$
N31/N52	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 76.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 76.2$
N26/N53	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 67.8$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE $\eta = 67.8$

## 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 $V_Z$ : Resistencia a corte 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 $NM_Y M_Z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NM_Y M_Z V_Y V_Z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_Y V_Z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_Y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

## 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.<sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.<sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<sup>(8)</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.<sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N <sub>i</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>	
N1/N50	x: 6.25 m η = 0.5	x: 0 m η = 15.9	x: 0 m η = 49.1	x: 0 m η = 13.2	x: 0 m η = 6.6	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 67.9	η < 0.1	η = 0.4	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 67.9
N50/N2	x: 6.177 m η = 0.6	x: 0 m η = 11.6	x: 1.158 m η = 37.4	x: 3.475 m η = 11.3	x: 6.177 m η = 6.1	x: 0 m η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.544 m η = 39.0	η < 0.1	η = 0.6	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 39.0
N3/N4	x: 0.414 m η = 1.4	x: 0 m η = 1.2	x: 0.414 m η = 19.0	x: 0 m η = 36.8	x: 0.414 m η = 14.1	x: 0.414 m η = 5.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 55.4	η < 0.1	η = 11.6	η < 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 55.4
N2/N45	x: 4.604 m η = 3.0	x: 0.144 m η = 4.4	x: 0.144 m η = 56.6	x: 4.604 m η = 11.5	x: 0.144 m η = 4.2	x: 0.144 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.144 m η = 58.4	η < 0.1	η = 25.1	x: 4.604 m η = 2.4	η < 0.1	CUMPLE η = 58.4
N45/N5	x: 4.781 m η = 5.7	x: 0 m η = 7.4	x: 0 m η = 60.7	x: 4.783 m η = 24.9	x: 4.783 m η = 5.4	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 72.0	η < 0.1	η = 30.3	x: 0 m η = 4.0	η = 0.1	CUMPLE η = 72.0
N4/N42	x: 4.604 m η = 2.8	x: 0.082 m η = 3.4	x: 0.082 m η = 59.5	x: 4.604 m η = 11.9	x: 4.604 m η = 4.3	x: 0.082 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.082 m η = 62.0	η < 0.1	η = 41.0	x: 4.604 m η = 1.8	η < 0.1	CUMPLE η = 62.0
N42/N5	x: 4.781 m η = 3.8	x: 0 m η = 4.4	x: 0 m η = 54.3	x: 4.783 m η = 15.4	x: 0 m η = 4.0	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 60.4	η < 0.1	η = 34.6	x: 0 m η = 1.9	η < 0.1	CUMPLE η = 60.4
N6/N51	x: 6.25 m η = 0.4	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 38.6	x: 0 m η = 3.5	x: 0 m η = 3.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 41.2	η < 0.1	η = 0.1	η = 1.0	η < 0.1	CUMPLE η = 41.2
N51/N7	x: 5.806 m η = 0.4	x: 0 m η = 2.4	x: 5.808 m η = 27.7	x: 0 m η = 1.8	x: 5.808 m η = 2.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.808 m η = 30.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 1.0	η < 0.1	CUMPLE η = 30.1
N8/N9	x: 0.042 m η = 1.1	x: 0 m η = 1.9	x: 0.042 m η = 20.5	x: 0 m η = 2.6	x: 0.042 m η = 4.2	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.042 m η = 22.1	η < 0.1	η = 14.4	η = 1.7	η < 0.1	CUMPLE η = 22.1
N7/N46	x: 4.604 m η = 5.5	x: 2.806 m η = 11.5	x: 0.307 m η = 77.2	x: 4.604 m η = 0.4	x: 2.651 m η = 13.5	x: 2.806 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.808 m η = 77.7	η < 0.1	x: 2.808 m η = 1.1	x: 2.651 m η = 11.7	η < 0.1	CUMPLE η = 77.7
N46/N10	x: 3.211 m η = 6.2	x: 0 m η = 11.7	x: 3.211 m η = 43.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 7.4	x: 0 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.481 m η = 52.8	η < 0.1	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	CUMPLE η = 52.8
N9/N47	x: 4.604 m η = 5.7	x: 2.73 m η = 11.5	x: 0.231 m η = 61.7	x: 0.231 m η = 4.0	x: 2.575 m η = 12.8	x: 2.73 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.732 m η = 68.4	η < 0.1	x: 2.73 m η = 1.0	x: 2.575 m η = 9.4	x: 2.73 m η < 0.1	CUMPLE η = 68.4
N47/N10	x: 3.211 m η = 6.2	x: 0 m η = 12.4	x: 3.211 m η = 48.7	x: 0 m η = 1.8	x: 0 m η = 6.9	x: 0 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.211 m η = 63.5	η < 0.1	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	CUMPLE η = 63.5
N13/N14	x: 0.042 m η = 0.9	x: 0 m η = 1.9	x: 0.042 m η = 20.1	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 4.1	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.042 m η = 21.5	η < 0.1	η = 0.2	x: 0.042 m η = 0.4	η = 0.4	CUMPLE η = 21.5
N12/N15	x: 7.815 m η = 5.3	x: 2.806 m η = 9.9	x: 0.307 m η = 82.2	x: 7.815 m η < 0.1	x: 2.651 m η = 14.0	x: 2.806 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.808 m η = 83.3	η < 0.1	x: 2.806 m η = 0.1	x: 2.651 m η = 3.7	x: 2.806 m η < 0.1	CUMPLE η = 83.3
N14/N15	x: 7.815 m η = 5.3	x: 2.73 m η = 10.3	x: 0.231 m η = 60.9	x: 2.732 m η = 0.1	x: 2.575 m η = 13.1	x: 2.73 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.732 m η = 72.9	η < 0.1	x: 2.73 m η = 0.1	x: 2.575 m η = 2.8	x: 2.73 m η < 0.1	CUMPLE η = 72.9
N18/N19	x: 0.042 m η = 0.9	x: 0 m η = 1.9	x: 0.042 m η = 20.1	x: 0 m η = 2.2	x: 0 m η = 4.1	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.042 m η = 21.5	η < 0.1	η = 0.2	x: 0.042 m η = 0.9	η = 0.4	CUMPLE η = 21.5
N17/N20	x: 7.815 m η = 5.1	x: 2.806 m η = 9.9	x: 0.307 m η = 82.3	x: 7.815 m η < 0.1	x: 2.651 m η = 14.1	x: 2.806 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.808 m η = 83.4	η < 0.1	x: 2.806 m η = 0.1	x: 2.651 m η = 4.3	x: 2.806 m η < 0.1	CUMPLE η = 83.4
N19/N20	x: 7.815 m η = 5.1	x: 2.73 m η = 10.3	x: 0.231 m η = 61.0	x: 2.732 m η = 0.1	x: 2.575 m η = 13.1	x: 2.73 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.732 m η = 73.0	η < 0.1	x: 2.73 m η = 0.1	x: 2.575 m η = 3.5	x: 2.73 m η < 0.1	CUMPLE η = 73.0
N23/N24	x: 0.042 m η = 0.9	x: 0 m η = 1.9	x: 0.042 m η = 20.1	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 4.1	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.042 m η = 21.5	η < 0.1	η = 0.2	x: 0.042 m η = 1.0	η = 0.4	CUMPLE η = 21.5
N22/N25	x: 7.815 m η = 5.3	x: 2.806 m η = 9.9	x: 0.307 m η = 82.2	x: 7.815 m η < 0.1	x: 2.651 m η = 14.0	x: 2.806 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.808 m η = 83.3	η < 0.1	x: 2.806 m η = 0.1	x: 2.651 m η = 3.8	x: 2.806 m η < 0.1	CUMPLE η = 83.3
N24/N25	x: 7.815 m η = 5.3	x: 2.73 m η = 10.3	x: 0.231 m η = 60.9	x: 2.732 m η = 0.1	x: 2.575 m η = 13.1	x: 2.73 m η < 0.1	η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.732 m η = 72.9	η < 0.1	x: 2.73 m η = 0.1	x: 2.575 m η = 3.0	x: 2.73 m η < 0.1	CUMPLE η = 72.9
N26/N52	x: 6.25 m η = 0.4	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 38.6	x: 0 m η = 3.0	x: 0 m η = 3.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 41.2	η < 0.1	η = 0.1	η = 1.0	η < 0.1	CUMPLE η = 41.2
N52/N27	x: 5.806 m η = 0.4	x: 0 m η = 2.4	x: 5.808 m η = 27.7	x: 0 m η = 1.4	x: 5.808 m η = 2.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.808 m η = 30.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 1.0	η < 0.1	CUMPLE η = 30.1
N28/N29	x: 0.042 m η = 1.1	x: 0 m η = 1.9	x: 0.042 m η = 20.5	x: 0 m η = 2.4	x: 0.042 m η = 4.2	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.042 m η = 22.1	η < 0.1	η = 14.4	η = 1.7	η < 0.1	CUMPLE η = 22.1
N27/N48	x: 4.604 m η = 5.5	x: 2.806 m η = 11.5	x: 0.307 m η = 77.2	x: 4.604 m η = 0.4	x: 2.651 m η = 13.5	x: 2.806 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.808 m η = 77.7	η < 0.1	x: 2.808 m η = 1.0	x: 2.651 m η = 11.7	η < 0.1	CUMPLE η = 77.7
N48/N30	x: 3.211 m η = 6.2	x: 0 m η = 11.7	x: 3.211 m η = 43.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 7.4	x: 0 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.481 m η = 52.8	η < 0.1	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	CUMPLE η = 52.8
N29/N49	x: 4.604 m η = 5.7	x: 2.73 m η = 11.5	x: 0.231 m η = 61.7	x: 0.231 m η = 4.0	x: 2.575 m η = 12.8	x: 2.73 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.732 m η = 68.4	η < 0.1	x: 2.73 m η = 1.0	x: 2.575 m η = 9.4	x: 2.73 m η < 0.1	CUMPLE η = 68.4
N49/N30	x: 3.211 m η = 6.2	x: 0 m η = 12.4	x: 3.211 m η = 48.7	x: 0 m η = 1.8	x: 0 m η = 6.9	x: 0 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.211 m η = 63.5	η < 0.1	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	CUMPLE η = 63.5
N31/N53	x: 6.25 m η = 0.5	x: 0 m η = 16.6	x: 0 m η = 49.1	x: 0 m η = 10.7	x: 0 m η = 6.6	x: 0 m η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 67.9	η < 0.1	η = 0.4	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 67.9
N53/N32	x: 6.177 m η = 0.6	x: 0 m η = 14.0	x: 1.158 m η = 37.4	x: 3.475 m η = 10.2	x: 6.177 m η = 6.1	x: 0 m η = 1.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.544 m η = 39.0	η < 0.1	η = 0.5	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 39.0
N33/N34	x: 0.414 m η = 1.4	x: 0 m η = 1.2	x: 0.414 m η = 19.0	x: 0 m η = 36.8	x: 0.414 m η = 14.1	x: 0.414 m η = 5.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 55.4	η < 0.1	η = 11.6	η < 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 55.4
N32/N40	x: 4.604 m η = 3.0	x: 0.144 m η = 4.4	x: 0.144 m η = 56.6	x: 4.604 m η = 11.5	x: 0.144 m η = 4.2	x: 4.604 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.144 m η = 58.4	η < 0.1	η = 25.1	x: 4.604 m η = 2.4	η < 0.1	CUMPLE η = 58.4
N40/N35	x: 4.781 m η = 5.7	x: 0 m η = 4.5	x: 0 m η = 61.1	x: 4.783 m η = 24.9	x: 4.783 m η = 5.4	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 72.4	η < 0.1	η = 30.3	x: 0 m η = 4.0	η = 0.1	CUMPLE η = 72.4

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</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>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>	
N34/N37	x: 4.604 m η = 2.8	x: 0.082 m η = 3.4	x: 0.082 m η = 59.5	x: 4.604 m η = 11.9	x: 4.604 m η = 4.3	x: 0.082 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.082 m η = 62.0	η < 0.1	η = 41.0	x: 4.604 m η = 1.8	η < 0.1	CUMPLE η = 62.0
N37/N35	x: 4.781 m η = 3.8	x: 0 m η = 2.7	x: 0 m η = 54.4	x: 4.783 m η = 15.4	x: 0 m η = 4.0	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 60.4	η < 0.1	η = 34.6	x: 0 m η = 1.9	η < 0.1	CUMPLE η = 60.4
N36/N37	x: 1.37 m η = 1.7	x: 0 m η = 3.1	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 25.5	x: 1.37 m η = 4.5	η = 1.2	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 32.8	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 32.8
N38/N35	x: 2.5 m η = 0.7	x: 0 m η = 3.8	x: 0 m η = 52.9	x: 0 m η = 27.3	x: 2.5 m η = 11.4	η = 0.7	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 81.6	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 81.6
N39/N40	x: 1.37 m η = 1.5	x: 0 m η = 2.3	x: 0.228 m η = 3.6	x: 0 m η = 59.2	x: 1.37 m η = 2.7	η = 2.7	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 62.5	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 62.5
N41/N42	x: 1.37 m η = 1.7	x: 0 m η = 3.1	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 25.5	x: 1.37 m η = 4.5	η = 1.2	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 32.8	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 32.8
N43/N5	x: 2.5 m η = 0.9	x: 0 m η = 3.8	x: 0 m η = 52.9	x: 0 m η = 27.3	x: 2.5 m η = 11.4	η = 0.7	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 81.6	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 81.6
N44/N45	x: 1.37 m η = 1.5	x: 0 m η = 2.3	x: 0.228 m η = 3.6	x: 0 m η = 59.2	x: 1.37 m η = 2.7	η = 2.7	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 62.6	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 62.6
N2/N7	η = 2.1	η = 47.5	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 51.2	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 51.2
N7/N12	η = 9.2	η = 39.0	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 42.6	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 42.6
N12/N17	η = 9.2	η = 38.9	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 42.5	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 42.5
N17/N22	η = 9.2	η = 38.7	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 42.3	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 42.3
N22/N27	η = 9.2	η = 38.6	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 42.1	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 42.1
N27/N32	η = 2.1	η = 38.6	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 42.1	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 42.1
N4/N9	η = 4.6	η = 55.6	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 59.4	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 59.4
N9/N14	η = 9.9	η = 48.7	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 52.3	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 52.3
N14/N19	η = 9.8	η = 41.4	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 45.0	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 45.0
N19/N24	η = 9.8	η = 34.2	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 37.7	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 37.7
N24/N29	η = 9.9	η = 32.4	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 35.9	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 35.9
N29/N34	η = 4.6	η = 39.4	x: 2.54 m η = 5.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m η = 43.0	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 43.0
N45/N46	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(6)</sup>	η = 30.3	x: 2.54 m η = 5.1	x: 2.54 m η = 2.3	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 2.54 m η = 36.9	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 36.9
N5/N10	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(6)</sup>	η = 36.0	x: 2.615 m η = 4.9	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.15 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.152 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.615 m η = 39.4	x: 0.152 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 39.4
N42/N47	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(6)</sup>	η = 32.8	x: 2.54 m η = 5.1	x: 2.54 m η = 2.3	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 2.54 m η = 39.6	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 39.6
N48/N40	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(6)</sup>	η = 24.0	x: 2.54 m η = 5.1	x: 2.54 m η = 2.3	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 2.54 m η = 30.4	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 30.4
N30/N35	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(6)</sup>	η = 26.3	x: 2.465 m η = 4.9	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 4.93 m η = 1.0	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.308 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.465 m η = 29.5	x: 0.308 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 29.5
N49/N37	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(6)</sup>	η = 23.4	x: 2.54 m η = 5.1	x: 2.54 m η = 2.3	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 0.318 m η < 0.1	x: 2.54 m η = 29.7	x: 0.318 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 29.7
N2/N46	η = 59.9	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(7)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE η = 59.9

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N7/N45	$\eta = 75.8$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 75.8$
N45/N10	$\eta = 43.3$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 43.3$
N46/N5	$\eta = 56.5$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.5$
N47/N5	$\eta = 41.7$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 41.7$
N42/N10	$\eta = 41.5$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 41.5$
N9/N42	$\eta = 76.4$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 76.4$
N4/N47	$\eta = 63.8$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 63.8$
N27/N40	$\eta = 75.8$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 75.8$
N32/N48	$\eta = 43.5$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 43.5$
N48/N35	$\eta = 56.5$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.5$
N40/N30	$\eta = 32.1$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 32.1$
N37/N30	$\eta = 29.8$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 29.8$
N49/N35	$\eta = 41.7$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 41.7$
N34/N49	$\eta = 45.6$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 45.6$
N29/N37	$\eta = 76.4$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 76.4$
N50/N51	$\eta = 0.4$	$\eta = 64.5$	x: 2.54 m $\eta = 7.2$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.4$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m $\eta = 69.8$	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 69.8$
N52/N53	$\eta = 0.4$	$\eta = 56.8$	x: 2.54 m $\eta = 7.2$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.4$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.54 m $\eta = 61.9$	x: 0.318 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 61.9$
N51/N2	$\eta = 64.0$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 64.0$
N50/N7	$\eta = 56.4$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.4$
N6/N50	$\eta = 89.7$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 89.7$
N1/N51	$\eta = 81.3$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 81.3$
N53/N27	$\eta = 56.4$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 56.4$
N52/N32	$\eta = 74.8$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 74.8$
N31/N52	$\eta = 71.9$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 71.9$
N26/N53	$\eta = 89.7$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(7)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	CUMPLE $\eta = 89.7$
N11/N67	x: 11.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 39.4$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 3.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 41.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 41.1$
N67/N12	x: 0.558 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0.558 m $\eta = 29.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 2.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 31.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 31.7$
N16/N68	x: 11.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 39.4$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 3.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 41.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 41.1$



Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$	$M_tV_y$	
N68/N17	x: 0.556 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0.558 m $\eta = 29.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 31.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.7$
N21/N69	x: 11.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 39.4$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 3.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 41.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.9$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 41.1$
N69/N22	x: 0.556 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0.558 m $\eta = 29.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 2.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 31.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.558 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.7$

**Notación:**

$N_t$ : Resistencia a tracción  
 $N_c$ : Resistencia a compresión  
 $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y  
 $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z  
 $V_z$ : Resistencia a corte Z  
 $V_y$ : Resistencia a corte Y  
 $M_yV_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 $M_zV_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 $NM_yM_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $NM_yM_zV_yV_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_tV_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_tV_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- <sup>(1)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor 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 flector.  
<sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.  
<sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.  
<sup>(8)</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.  
<sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 6. Estructura de hormigón

La estructura de hormigón formará el espacio de juego, el cual consta de tres paredes, el frontis, pared lateral izquierda, y el rebote. Este conjunto de paredes conforma un espacio de juego de 12 m de altura, 14 m de anchura y 30 m de largo.

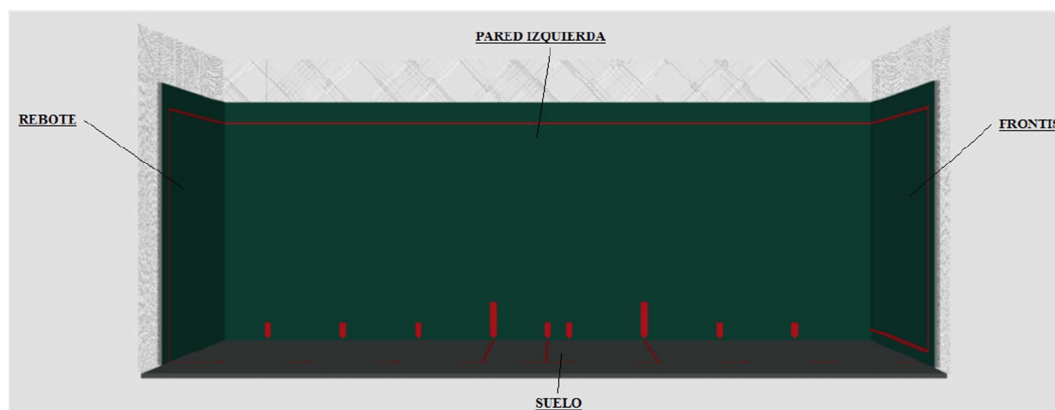


Figura A.23. Frontón. Perspectiva

Por tanto, se definirán tres muros de hormigón armado que forman el frontis de dimensiones 14 m largo x 12 m de altura, pared lateral de la izquierda de dimensiones 30 m de largo x 12 m de altura y el rebote de dimensiones 14 m de largo x 12 m de altura.

Además, la estructura descrita debe tener una capacidad portante para el resto de la edificación por lo que se le dotará de una estructura más reforzada.

Tanto en la pared de la izquierda, como en el frontis y en el rebote, se definirán pilares de hormigón armado a lo largo de la elevación de todo el muro que sirven a modo de contrafuertes y refuerzan la estructura, sirviendo como apoyo para la estructura metálica.

Se muestra a continuación una figura a modo ilustrativo:

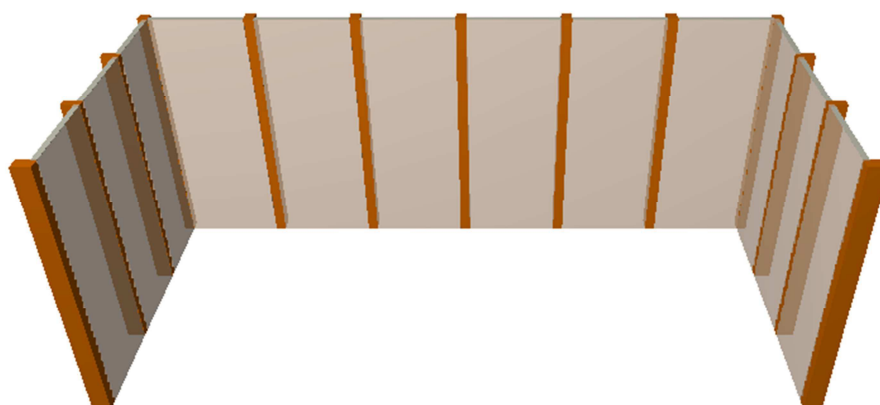


Figura A.24. Estructura de hormigón

Para el cálculo y dimensionamiento de todos estos elementos que forman la estructura de hormigón se utilizará del software “CYPE Ingenieros” concretamente utilizando los módulos “CYPECAD”, y “CYPE 3D”.

### 6.1. Dimensionamiento del muro de hormigón armado

Atendiendo en lo establecido en la Normativa de Instalaciones Deportivas de Pelota Vasca (NIDEPV), se ha optado por ejecutar un muro en hormigón armado visto de 25 cm. de espesor, formado por:

- Hormigón armado HA-25/B/20/IIa, resistencia mínima  $25 \text{ N/mm}^2$  a los 28 días, consistencia Blanda,  $T_{\text{máx.}}$  del árido de 20 mm., para un ambiente normal (IIa, humedad alta); elaborado en central (contenido mínimo de cemento  $300 \text{ kg/m}^3$ , máxima relación agua/cemento de 0.60).
- Armadura en acero corrugado B-500 SD para barras y B-500 T para mallazos (Límite elástico  $500 \text{ N/mm}^2$ , cuantía de acero y disposición según planos y cálculo de proyecto).

#### 6.1.1. Cargas actuantes

##### I. Acciones permanentes

###### ➤ *Peso Propio*

La carga permanente corresponde al peso propio del muro de hormigón generada en función de las características y dimensiones de este por el propio programa de cálculo.

Por otro lado, sobre la pared izquierda, se añadirá al peso propio de este muro la carga correspondiente al peso del cerramiento de bloques de vidrio que, apoyado sobre el muro, remata los 0,5 metros restantes hasta llegar a la cubierta.

Esta carga se introduce en el programa de cálculo como una carga uniformemente distribuida de valor  $q = 40 \text{ kg/m}$ .

##### II. Acciones variables

###### ➤ *Viento*

La sobrecarga de viento, o presión estática ( $q_e$ ) se define mediante la expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

No obstante, no será necesario volver a calcular los valores de la sobrecarga de viento puesto que sobre el muro de hormigón actúan las mismas cargas de viento que sobre los cerramientos de la estructura metálica, siendo estos los calculados en el apartado "Cálculos de la fachada".

A continuación se muestran de forma resumida los valores más desfavorables, los cuales se emplearán para el cálculo, siendo el valor crítico el del viento a succión:

$$q_{es} = -2,0895 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ep} = 1,3832 \text{ kN/m}^2$$

### 6.1.2. Combinaciones de carga

En este apartado se plantearán las diferentes combinaciones de carga según el Documento Básico, Seguridad Estructural (DB SE).

Para este caso solo habrá combinaciones de dos componentes (peso propio y viento). Por tanto, no se necesitará consultar el valor de los coeficientes de simultaneidad, ya que no se hará uso de ellos.

Las combinaciones que se obtienen son las siguientes:

1.  ~~$\gamma_G \cdot q_{pp}$~~
2.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{ep}$
3.  $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{es}$

La 1ª combinación será, por lógica, más pequeña que las dos restantes. Por lo tanto, podrá ser eliminada directamente de la lista.

Será importante tener en cuenta que el peso propio, actúa verticalmente, mientras que el viento lo hace perpendicularmente al muro; motivo por el cual se descomponen las combinaciones de carga en sus componentes perpendicular y paralela al plano de la fachada, empleando en el cálculo de cada una de ellas la acción correspondiente.

## 6.1.3. Resultados

Listado de armados

Muro M1: Longitud: 485 cm [Nudo inicial: 0.15;4.40 -> Nudo final: 0.15;9.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M2: Longitud: 475 cm [Nudo inicial: 0.15;9.25 -> Nudo final: 0.15;14.00]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M3: Longitud: 440 cm [Nudo inicial: 0.15;14.00 -> Nudo final: 0.15;18.40]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M4: Longitud: 505.5 cm [Nudo inicial: 0.02;18.25 -> Nudo final: 5.08;18.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M5: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 5.08;18.25 -> Nudo final: 10.16;18.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M6: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 10.16;18.25 -> Nudo final: 15.24;18.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M7: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 15.24;18.25 -> Nudo final: 20.32;18.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M8: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 20.32;18.25 -> Nudo final: 25.40;18.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M9: Longitud: 505.5 cm [Nudo inicial: 25.40;18.25 -> Nudo final: 30.45;18.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M10: Longitud: 440 cm [Nudo inicial: 30.33;14.00 -> Nudo final: 30.33;18.40]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M11: Longitud: 475 cm [Nudo inicial: 30.33;9.25 -> Nudo final: 30.33;14.00]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

Muro M12: Longitud: 485 cm [Nudo inicial: 30.33;4.40 -> Nudo final: 30.33;9.25]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
12 Metros	25.0	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	Ø10c/30 cm	---	---	---	---	100.0	Cumple

F.C. = El factor de cumplimiento indica el porcentaje de área en el cual el armado y espesor de hormigón son suficientes.

### Listado de pésimos

Muro M1: Longitud: 485 cm [Nudo inicial: 0.15;4.40 -> Nudo final: 0.15;9.25]											
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos								
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)	
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.94	-214.45	-25.30	10.93	-4.29	-0.42	-0.18	---	---	
	Arm. horz. der.	0.35	-4.19	-1.86	-3.29	0.08	-3.17	-1.72	---	---	
	Arm. vert. izq.	2.01	-178.73	-12.10	-0.89	3.57	-0.37	-0.22	---	---	
	Arm. horz. izq.	1.29	1.49	-75.62	-13.80	0.00	6.05	1.50	---	---	
	Hormigón	6.38	-178.73	-12.10	-0.89	3.57	-0.37	-0.22	---	---	
	Arm. transve.	1.82	-23.47	-34.60	-18.69	---	---	---	-17.08	2.29	

Muro M2: Longitud: 475 cm [Nudo inicial: 0.15;9.25 -> Nudo final: 0.15;14.00]											
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos								
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)	
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.66	-147.83	-28.18	-0.69	-2.96	-0.44	-0.13	---	---	
	Arm. horz. der.	0.30	-147.83	-28.18	-0.69	2.96	-0.44	-0.13	---	---	
	Arm. vert. izq.	1.66	-147.83	-28.18	-0.69	2.96	-0.44	-0.13	---	---	
	Arm. horz. izq.	0.97	0.10	-50.92	-9.39	0.00	5.06	1.16	---	---	
	Hormigón	4.87	-147.83	-28.18	-0.69	2.96	-0.44	-0.13	---	---	
	Arm. transve.	1.04	-16.64	-27.62	-17.00	---	---	---	-9.67	1.60	

Muro M3: Longitud: 440 cm [Nudo inicial: 0.15;14.00 -> Nudo final: 0.15;18.40]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.12	-99.27	-3.62	-23.96	-1.99	0.45	-0.67	---	---
	Arm. horz. der.	0.95	-0.03	-55.39	10.81	-0.70	-4.56	0.73	---	---
	Arm. vert. izq.	1.12	-99.27	-3.62	-23.96	1.99	0.45	-0.67	---	---
	Arm. horz. izq.	1.02	-6.63	-3.26	-2.40	1.18	9.90	-1.33	---	---
	Hormigón	3.89	-99.27	-3.62	-23.96	-1.99	0.45	-0.67	---	---
	Arm. transve.	1.24	-31.67	-1.11	-16.84	---	---	---	-11.69	-0.29

Muro M4: Longitud: 505.5 cm [Nudo inicial: 0.03;18.25 -> Nudo final: 5.08;18.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.33	-145.51	-27.38	32.62	-3.09	-0.76	0.58	---	---
	Arm. horz. der.	1.08	0.88	-2.24	6.27	0.00	-10.45	3.56	---	---
	Arm. vert. izq.	1.31	-145.60	-27.44	32.50	2.91	-0.76	0.58	---	---
	Arm. horz. izq.	1.12	-8.61	-42.24	8.22	1.80	7.39	0.84	---	---
	Hormigón	4.21	-96.10	-5.69	24.37	-1.98	-0.71	2.37	---	---
	Arm. transve.	1.50	-13.39	3.00	-22.40	---	---	---	-14.13	1.13

Muro M5: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 5.08;18.25 -> Nudo final: 10.16;18.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	79.16	82.74	11.33	-22.52	6.42	1.34	-0.35	---	---
	Arm. horz. der.	29.75	82.74	11.33	-22.52	6.42	1.34	-0.35	---	---
	Arm. vert. izq.	2.21	-245.03	-42.37	26.27	4.90	-1.34	0.35	---	---
	Arm. horz. izq.	0.92	-6.82	-49.12	9.42	1.04	4.74	0.12	---	---
	Hormigón	6.73	-245.03	-42.37	26.27	4.90	-1.34	0.35	---	---
	Arm. transve.	1.66	14.93	6.92	5.37	---	---	---	15.69	0.05

Muro M6: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 10.16;18.25 -> Nudo final: 15.24;18.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	97.22	119.34	16.91	-14.19	7.44	1.50	-0.17	---	---
	Arm. horz. der.	27.57	119.34	16.91	-14.19	7.44	1.50	-0.17	---	---
	Arm. vert. izq.	2.54	-281.59	-48.33	14.66	5.63	-1.49	0.17	---	---
	Arm. horz. izq.	0.76	-4.85	-52.30	-9.61	0.77	2.89	0.70	---	---
	Hormigón	7.70	-281.59	-48.33	14.66	5.63	-1.49	0.17	---	---
	Arm. transve.	0.86	33.08	12.28	18.10	---	---	---	8.16	-0.11

Muro M7: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 15.24;18.25 -> Nudo final: 20.32;18.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	97.19	119.19	16.71	14.65	7.45	1.48	0.12	---	---
	Arm. horz. der.	27.36	119.19	16.71	14.65	7.45	1.48	0.12	---	---
	Arm. vert. izq.	2.54	-281.44	-48.13	-15.13	5.63	-1.48	-0.12	---	---
	Arm. horz. izq.	0.76	-4.79	-52.27	9.63	0.77	2.89	-0.70	---	---
	Hormigón	7.70	-281.44	-48.13	-15.13	5.63	-1.48	-0.12	---	---
	Arm. transve.	0.90	35.35	10.75	-17.05	---	---	---	8.53	0.08

Muro M8: Longitud: 508 cm [Nudo inicial: 20.32;18.25 -> Nudo final: 25.40;18.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	78.98	82.57	11.16	22.88	6.44	1.32	0.28	---	---
	Arm. horz. der.	29.31	82.57	11.16	22.88	6.44	1.32	0.28	---	---
	Arm. vert. izq.	2.21	-244.85	-42.21	-26.64	4.90	-1.32	-0.28	---	---
	Arm. horz. izq.	0.92	-6.85	-49.18	-9.39	1.04	4.75	-0.12	---	---
	Hormigón	6.73	-244.85	-42.21	-26.64	4.90	-1.32	-0.28	---	---
	Arm. transve.	1.73	15.32	5.73	-4.12	---	---	---	16.34	-0.10

Muro M9: Longitud: 505.5 cm [Nudo inicial: 25.40;18.25 -> Nudo final: 30.45;18.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.33	-145.35	-27.37	-32.70	-3.09	-0.73	-0.52	---	---
	Arm. horz. der.	1.06	0.87	-2.28	-6.24	0.00	-10.25	-3.27	---	---
	Arm. vert. izq.	1.31	-145.44	-27.43	-32.58	2.91	-0.73	-0.52	---	---
	Arm. horz. izq.	1.12	-8.64	-42.34	-8.19	1.80	7.38	-0.83	---	---
	Hormigón	4.60	-109.68	-9.13	-26.86	-2.29	-0.83	-1.94	---	---
	Arm. transve.	1.47	-10.75	3.96	22.51	---	---	---	-13.83	-1.26

Muro M10: Longitud: 440 cm [Nudo inicial: 30.33;14.00 -> Nudo final: 30.33;18.40]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.11	-99.18	-3.64	-23.99	-1.98	-0.45	0.67	---	---
	Arm. horz. der.	1.02	-6.98	-3.23	-2.42	0.14	-9.93	1.33	---	---
	Arm. vert. izq.	1.12	-99.18	-3.64	-23.99	1.98	-0.45	0.67	---	---
	Arm. horz. izq.	0.96	-4.34	3.40	2.62	-0.09	9.88	-1.33	---	---
	Hormigón	3.88	-99.18	-3.64	-23.99	1.98	-0.45	0.67	---	---
	Arm. transve.	1.25	-31.63	-0.67	-16.90	---	---	---	11.78	0.30



Muro M11: Longitud: 475 cm [Nudo inicial: 30.33;9.25 -> Nudo final: 30.33;14.00]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	1.66	-147.83	-28.18	-0.69	-2.96	0.44	0.13	---	---
	Arm. horz. der.	0.97	0.10	-50.92	-9.39	0.00	-5.06	-1.16	---	---
	Arm. vert. izq.	1.66	-147.83	-28.18	-0.69	2.96	0.44	0.13	---	---
	Arm. horz. izq.	0.30	-147.83	-28.18	-0.69	2.96	0.44	0.13	---	---
	Hormigón	4.87	-147.83	-28.18	-0.69	-2.96	0.44	0.13	---	---
	Arm. transve.	1.04	-16.64	-27.61	-17.00	---	---	---	9.67	-1.60

Muro M12: Longitud: 485 cm [Nudo inicial: 30.33;4.40 -> Nudo final: 30.33;9.25]										
Planta	Comprobación	Aprovechamiento (%)	Pésimos							
			Nx (kN/m)	Ny (kN/m)	Nxy (kN/m)	Mx (kN·m/m)	My (kN·m/m)	Mxy (kN·m/m)	Qx (kN/m)	Qy (kN/m)
12 Metros (e=25.0 cm)	Arm. vert. der.	2.01	-178.73	-12.10	-0.89	-3.57	0.37	0.22	---	---
	Arm. horz. der.	1.29	1.49	-75.62	-13.80	0.00	-6.05	-1.50	---	---
	Arm. vert. izq.	1.94	-214.45	-25.30	10.93	4.29	0.42	0.18	---	---
	Arm. horz. izq.	0.35	-4.19	-1.86	-3.29	-0.08	3.17	1.72	---	---
	Hormigón	6.38	-178.73	-12.10	-0.89	-3.57	0.37	0.22	---	---
	Arm. transve.	1.82	-23.47	-34.60	-18.69	---	---	---	17.08	-2.29

### Referencias:

Aprovechamiento: Nivel de tensiones (relación entre la tensión máxima y la admisible). Equivale al inverso del coeficiente de seguridad.

Nx : Axil vertical.

Ny : Axil horizontal.

Nxy: Axil tangencial.

Mx : Momento vertical (alrededor del eje horizontal).

My : Momento horizontal (alrededor del eje vertical).

Mxy: Momento torsor.

Qx : Cortante transversal vertical.

Qy : Cortante transversal horizontal.

### Comprobación de resistencia al fuego

Norma: "CTE DB SI - Anejo C: Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado."

### Referencias:

- R. req.: resistencia requerida, periodo de tiempo durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante, expresado en minutos.
- F. Comp.: indica si el forjado tiene función de compartimentación.

- $a_m$ : distancia equivalente al eje de las armaduras (CTE DB SI - Anejo C - Fórmula C.1).
- $a_{\min}$ : distancia mínima equivalente al eje exigida por la norma para cada tipo de elemento estructural.
- $b$ : menor dimensión de la sección transversal.
- $b_{\min}$ : valor mínimo de la menor dimensión exigido por la norma.

Comprobaciones:

Generales:

- Distancia equivalente al eje:  $a_m \geq a_{\min}$  (se indica el espesor de revestimiento necesario para cumplir esta condición cuando resulte necesario).
- Dimensión mínima:  $b \geq b_{\min}$ .

Datos por planta			
Planta	R. req.	F. Comp.	Revestimiento de elementos de hormigón Muros
12 Metros	R 90	-	Sin revestimiento ignífugo

12 Metros - Muros - R 90					
Ref.	Espesor (mm)	$b_{\min}$ (mm)	$a_m$ (mm)	$a_{\min}$ (mm)	Estado
M1	250	160	45	25	Cumple
M2	250	160	45	25	Cumple
M3	250	160	45	25	Cumple
M4	250	160	45	25	Cumple
M5	250	160	45	25	Cumple
M6	250	160	45	25	Cumple
M7	250	160	45	25	Cumple
M8	250	160	45	25	Cumple
M9	250	160	45	25	Cumple
M10	250	160	45	25	Cumple
M11	250	160	45	25	Cumple
M12	250	160	45	25	Cumple

## 6.2. Dimensionamiento de pilares de hormigón armado

Una vez realizado el diseño de la estructura de hormigón, y calculado el muro en "CYPE CAD" se verificarán las cargas actuantes en los pilares, se determinarán las vinculaciones internas y externas, los factores de longitud de pandeo, límites de desplazamientos horizontales y la sección de los mismos para su posterior dimensionamiento.

### 6.2.1. Pandeo

Al igual que sucedía en la estructura metálica, la estructura de hormigón también sufrirá este fenómeno de inestabilidad por lo que será necesario determinar los factores de longitud pandeo de las piezas en sus dos planos principales, a fin de dimensionarlas considerando la posibilidad de que este fenómeno se produzca.

Para determinar los factores de longitud de pandeo, " $\alpha$ ", de la estructura de hormigón, se partirá del Artículo 43º "*Estados límite de Inestabilidad*" de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08) siendo este un valor mayor o igual que cero que ponderará la longitud de la pieza, obteniéndose así la denominada longitud de pandeo. Según el epígrafe 43.4. del citado artículo, el factor de longitud de pandeo podrá adoptar, según los casos, los siguientes valores:

Soporte biempotrado	( $l_0 = 0,5 l$ )
Soporte biarticulado	( $l_0 = l$ )
Soporte articulado-empotrado	( $l_0 = 0,7 l$ )
Soporte en ménsula	( $l_0 = 2 l$ )
Soporte biempotrado con extremos desplazables	( $l_0 = l$ )

La determinación de este factor para los distintos elementos depende, en gran medida, de condiciones de contorno como las ligaduras de los extremos de las piezas con el resto de la estructura u otras coacciones externas.

Como ocurría en la estructura metálica, uno de los factores de especial importancia, será la consideración del comportamiento de la estructura como traslacional o intraslacional, siendo el pandeo más desfavorable en el caso de estructuras traslacionales.

Como ya se ha indicado anteriormente, en el estudio de la edificación proyectada, se considerará la estructura traslacional en el plano de los pórticos e intraslacional en los planos del cerramiento, gracias a la rigidez que le infiere el muro de cierre.

Para poder estudiar de manera adecuada el pandeo en el módulo “CYPE 3D”, se asignarán los factores de longitud de pandeo de acuerdo a los ejes locales de cada pieza, siendo el plano débil, xy, y el plano fuerte, xz.

La definición de los factores de longitud de pandeo, “ $\alpha$ ”, en cada uno de los planos se llevará a cabo igual que para la estructura metálica, introduciendo en el cuadro de la Figura A.11. los valores correspondientes para la pieza seleccionada:

### 6.2.1.1. Coeficientes de pandeo en pórticos tipo

#### ➤ Pilares

- Plano débil, xy

Entre dos pilares consecutivos se dispone el muro de hormigón, que los arropa íntimamente en el plano de este muro impidiendo que puedan pandear en él ya que tendrían que deformar el muro el cual es lo suficientemente rígido.

Esta condición de contorno hace que sea absurdo hablar de un posible pandeo en ese plano, por lo que se tiene:

$$\alpha = 0$$

- Plano fuerte, xz

En el plano de inercia fuerte, los pilares están biempotrados, existiendo en los nudos vinculados al suelo una imposibilidad absoluta de desplazamiento y de giro, pero en su conexión con el pilar metálico sí que puede existir un corrimiento de la posición original, un desplazamiento del nudo (estructura traslacional). Por ello, será necesario acudir al epígrafe 43.4. “*Comprobación de estructuras traslacionales*” del Artículo 43 de la EHE-08.

Según este epígrafe, el factor de longitud de pandeo para pórticos traslacionales puede obtenerse de la siguiente expresión:

$$\alpha = \sqrt{\frac{7,5 + 4 \cdot (\Psi_A + \Psi_B) + 1,6 \cdot \Psi_A \cdot \Psi_B}{7,5 + (\Psi_A + \Psi_B)}}$$

donde:

$\Psi$  representa la relación de rigideces  $\sum \frac{EI}{L}$  de los soportes a  $\sum \frac{EI}{L}$  de las vigas, en cada extremo A y B del soporte considerado. Como valor de I se tomará la inercia bruta de la sección.

(Extremo empotrado  $\Psi = 0$ ; extremo articulado  $\Psi = \infty$ )

El caso a estudiar no queda definido en la norma, por lo que se considerará el pilar metálico como parte de la viga ya que esta, junto a las cartelas, la abarca prácticamente en su totalidad. Por tanto, solo se dispone de los elementos marcados en color en la siguiente imagen, siendo todos los demás coeficientes nulos:

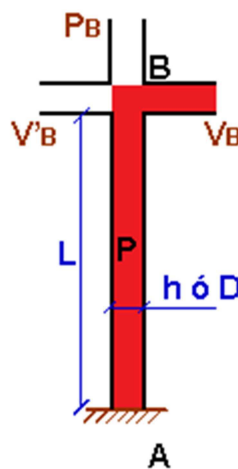


Figura A.25. Elementos disponibles

$$P_B = V'_B = 0$$

Aplicando las formulas anteriores, se obtiene un factor de longitud de pandeo aproximado:

$$\Psi_A (\text{Factor empotramiento A}) = 0$$

$$\Psi_B (\text{Factor empotramiento B}) = \left( \frac{E \cdot I}{L} \right)_{\text{Pilar}} / \left( \frac{E \cdot I}{L} \right)_{\text{Viga}} \approx 22$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{7,5 + 4 \cdot (\Psi_B)}{7,5 + (\Psi_B)}} \approx 1,8$$

Dicho factor podría disminuirse considerando el efecto del muro de hormigón armado, ya que este impide el pandeo en su plano y de alguna manera lo coarta en

el plano perpendicular, pues si los pilares pandeasen tendrían que arrastrar el muro en toda su altura. No obstante, se mantendrá el valor canónico establecido anteriormente, ya que se ha calculado de forma aproximada con una relación de rigideces de las vigas que incluyen el dintel, las cartelas del mismo y el pilar metálico, estando, en todo momento, del lado de la seguridad.

### 6.2.1.2. Coeficientes de pandeo en pórticos hastiales

#### ➤ Pilares

A los dos pilares de las esquinas se les aplicará un factor en el plano débil de  $\alpha = 1$  y un factor en el plano xz también de  $\alpha = 1$ . Con estos valores se está implícitamente considerando que los dos muros que concurren en dichos pilares los arriostran algo. No tanto como para poner cero, ya que no están plenamente atrapados en el muro, pero tampoco es necesario aumentar más este factor ya que si los pilares pandeasen tendrían que arrastrar al muro, por tanto el muro representa una coacción elástica frente al pandeo del pilar, como lo hace cualquier entramado o pórtico.

#### ➤ Pilarillos

- Plano débil, xy

En cuanto a los pilares interiores de los hastiales podemos diferenciar dos tipos. Los que se disponen de muro de hormigón a ambos lados del pilar y los de final de muro que solo disponen de muro en un único lado.

Para los pilares que disponen de muro de hormigón a ambos lados, este los arropa íntimamente en el plano del muro impidiendo que puedan pandear en él ya que tendrían que deformar el muro el cual es lo suficientemente rígido.

Esta condición de contorno hace que sea absurdo hablar de un posible pandeo en ese plano, por lo que se tiene:

$$\alpha = 0$$

En cuanto a los pilares de final de muro, aunque solo dispongan de muro de hormigón armado en uno de sus lados, en el otro lateral concurre el cerramiento de la estructura metálica formada por bloques de hormigón hasta los 4,5 metros y de panel sándwich sobre correas a partir de esa altura.

Por tanto, el pilar está bien arriostrado a pandeo por ambos lados. Aun así se establece un factor de longitud de pandeo de  $\alpha = 1$ , estando, en todo momento, del lado de la seguridad.

- Plano fuerte, xz

En el plano de inercia fuerte, todos los pilares están biempotrados, existiendo en los nudos vinculados al suelo una imposibilidad absoluta de desplazamiento y de giro, pero en su conexión con el pilar metálico sí que puede existir un corrimiento de la posición original, un desplazamiento del nudo (estructura traslacional). Por ello, será necesario acudir al epígrafe 43.4. “*Comprobación de estructuras traslacionales*” del Artículo 43 de la EHE-08 como ocurría en los pilares de los pórticos tipo.

Este caso, al ser una unión entre pilares de estructura metálica y de hormigón, tampoco queda definido en la norma de una forma clara, como pasaba en el caso anterior, no pudiéndose aplicar las fórmulas de una manera directa.

Se decide por tanto, tomando como referencia el valor calculado para los pilares de los pórticos tipo, aumentar el factor de longitud de pandeo en estos pilares a  $\alpha = 1,9$ , considerando que, al ser menores los perfiles de los cabios en estos pórticos, la rigidez de las vigas será menor.

Aun así, dicho factor podría disminuirse considerando el efecto del muro de hormigón armado, y del cerramiento de la estructura metálica en su caso, ya que este impide el pandeo en su plano y de alguna manera lo coarta en el plano perpendicular, pues si los pilares pandeasen tendrían que arrastrar el muro en toda su altura. No obstante, se mantendrá el valor canónico establecido anteriormente, ya que se ha calculado de forma aproximada, estando, en todo momento, del lado de la seguridad.

### 6.2.2. Desplazamientos horizontales

Como ya ocurría en la estructura metálica, será necesario tener en cuenta el desplazamiento transversal que sufrirán los pilares (desplazamientos horizontales). No es posible limitar dicho desplazamiento en el programa pero, una vez calculadas las dimensiones necesarias en los pilares, se comprobará mediante el comando “*Cálculo > Desplazamientos*” los desplazamientos transversales que estos sufren.

Con ellos, y según lo indicado en el apartado 4.4.4.2 del DB SE., considerando la apariencia de la obra, se admitirá que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral si para cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que 1/250:

$$\frac{L}{250} = \frac{12.000}{250} = 48 \text{ mm}$$

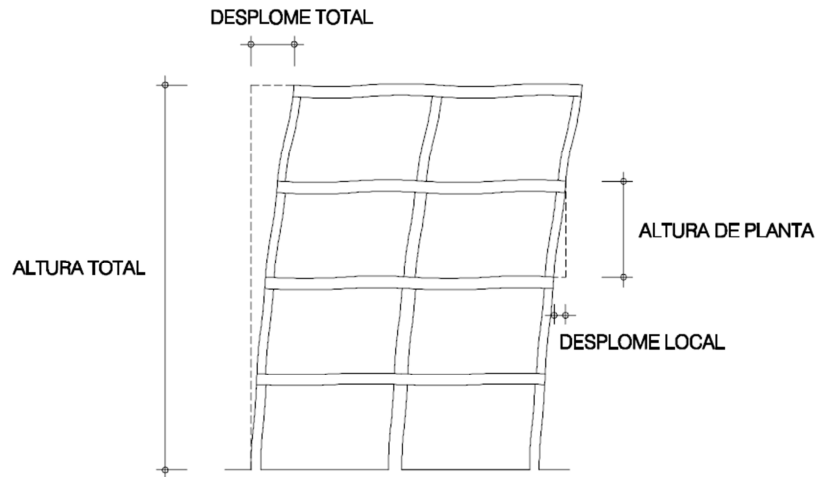


Figura A.26. Desplomes

### 6.2.3. Cargas actuantes

Una vez definidas las limitaciones de los parámetros anteriormente establecidos, se verificarán las hipótesis de carga actuantes.

Por un lado se tienen los esfuerzos que la estructura metálica transmite a los pilares de hormigón a través de su unión en la cabeza del pilar. El programa "CYPE" transmite estos esfuerzos de forma automática.

Por otro lado, estos pilares reciben las siguientes cargas:

#### 6.2.3.1. Cargas gravitatorias

##### I. Cargas permanentes:

La carga permanente corresponde al peso propio de los elementos generada en función de las características y dimensiones de estos por el propio programa de cálculo.

A continuación se muestran todas las cargas permanentes de los pilares con su escala amplificada cinco veces para mejor visualización:



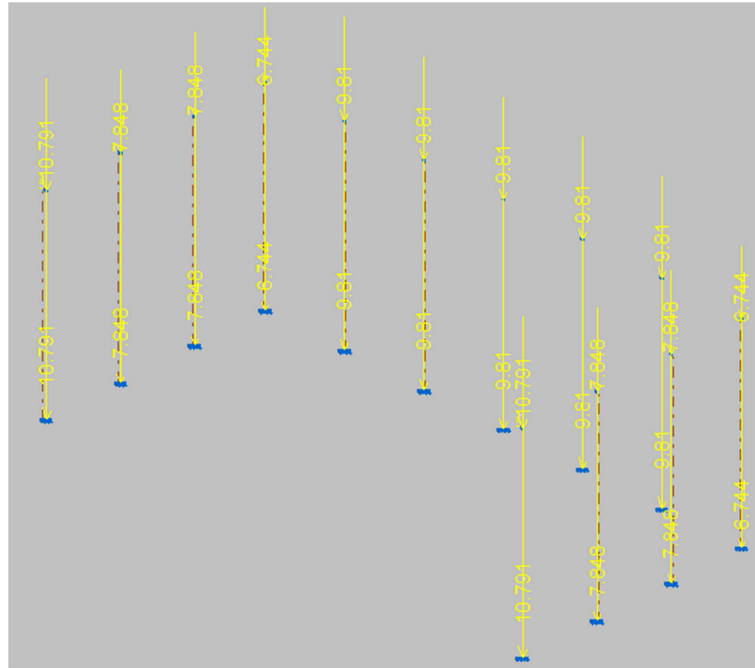


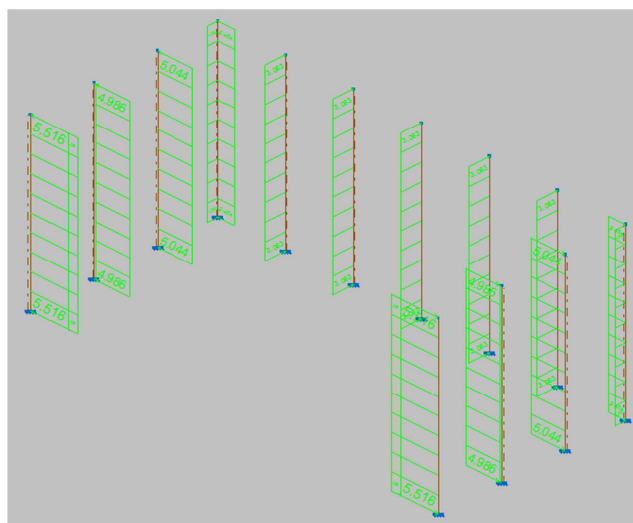
Figura A.27. Cargas permanentes de los pilares con su escala ampliada 5 veces

### 6.2.3.2. Cargas de viento

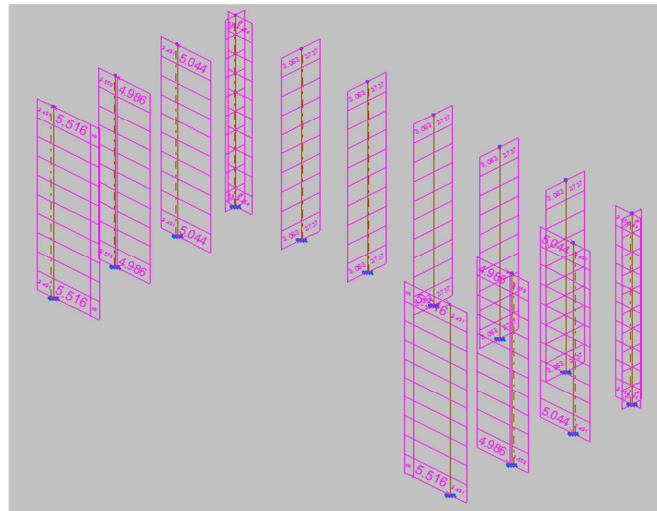
El muro de hormigón dispuesto entre estos pilares reparte las cargas de viento que llegan a él como sucedía con los cerramientos en la estructura metálica.

El programa plantea los casos que se muestran a continuación. Se ha amplificado su escala 5 veces para mejor visualización. Los seis primeros casos corresponden con los calculados en los apartados “Cálculos de la fachada” en función del ancho de banda que soporta cada pieza. El programa añade a estos los casos en los cuales el viento actúa en dirección opuesta.

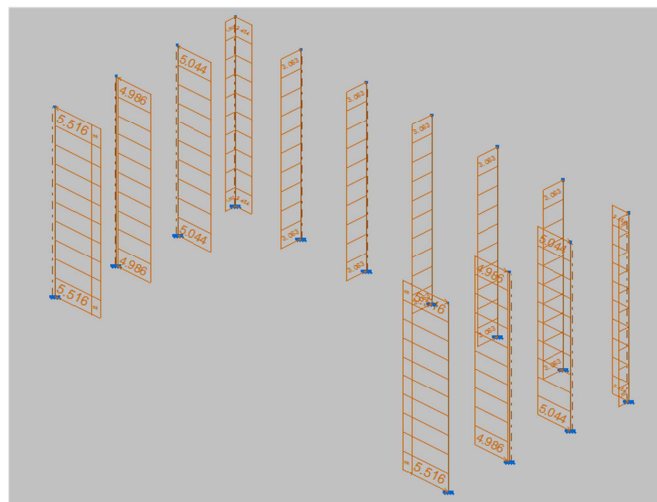
1.  $V(0^\circ)$  H1: Viento a  $0^\circ$ , presión exterior tipo 1 Sin acción en el interior



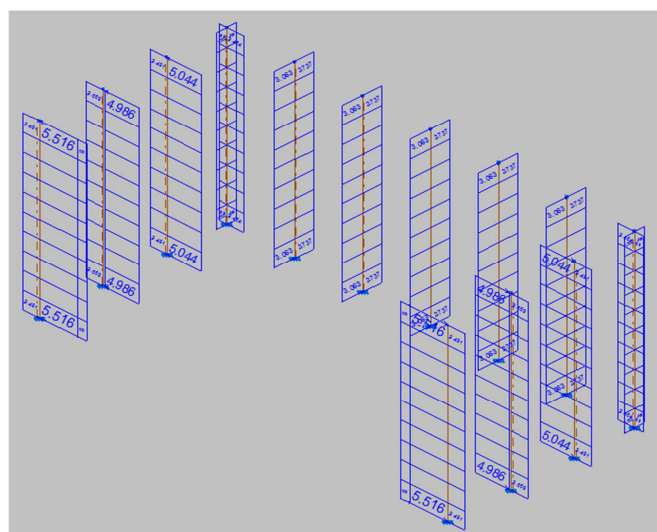
2. V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior



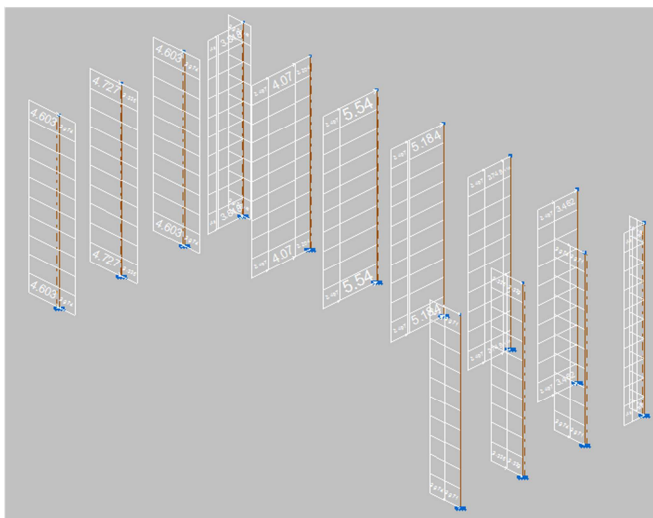
3. V(0°) H3: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Sin acción en el interior



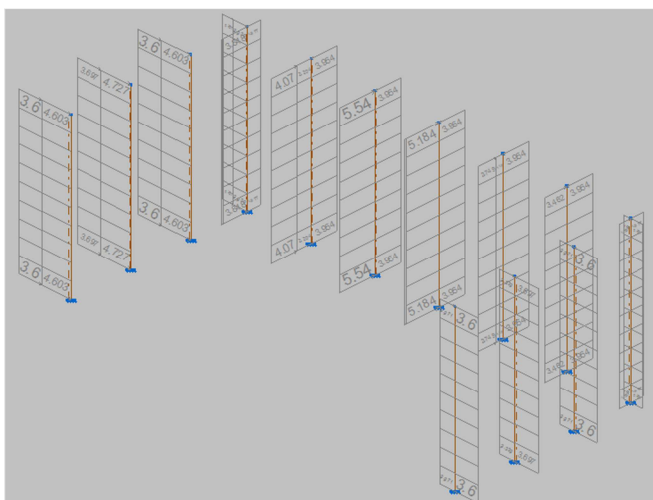
4. V(0°) H4: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior



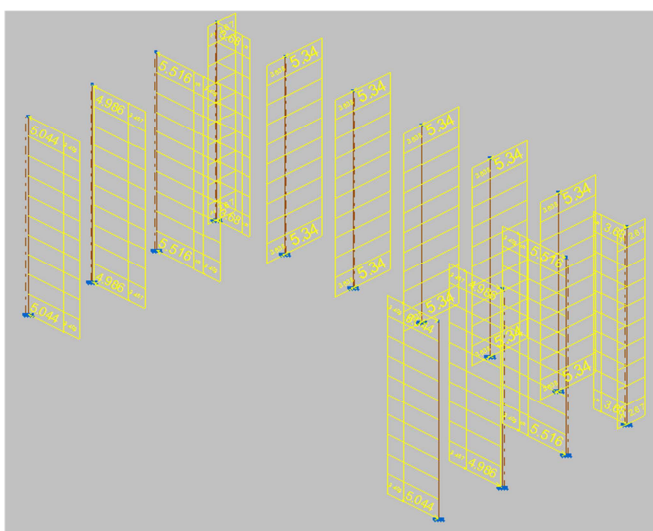
5.  $V(90^\circ)$  H1: Viento a  $90^\circ$ , presión exterior tipo 1 Presión interior



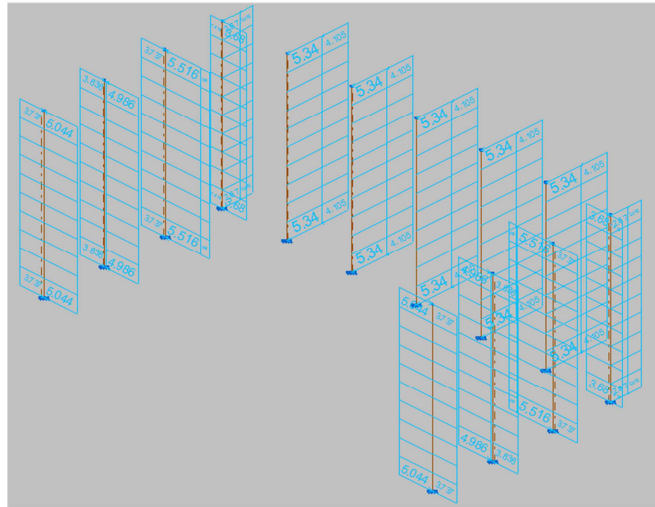
6.  $V(90^\circ)$  H2: Viento a  $90^\circ$ , presión exterior tipo 1 Succión interior



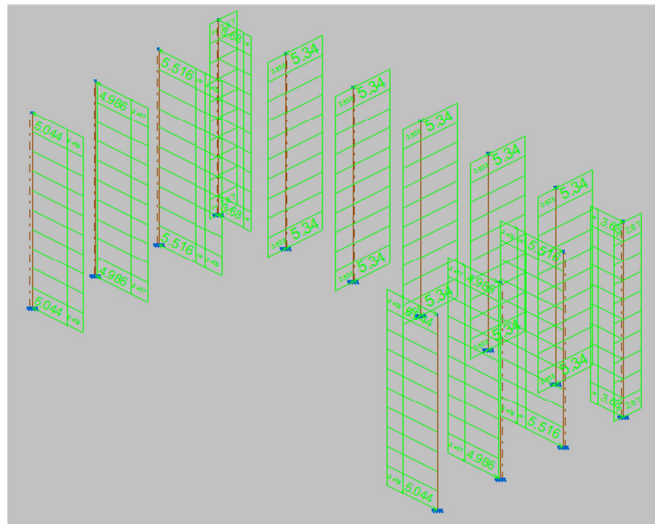
7.  $V(180^\circ)$  H1: Viento a  $180^\circ$ , presión exterior tipo 1 Presión interior



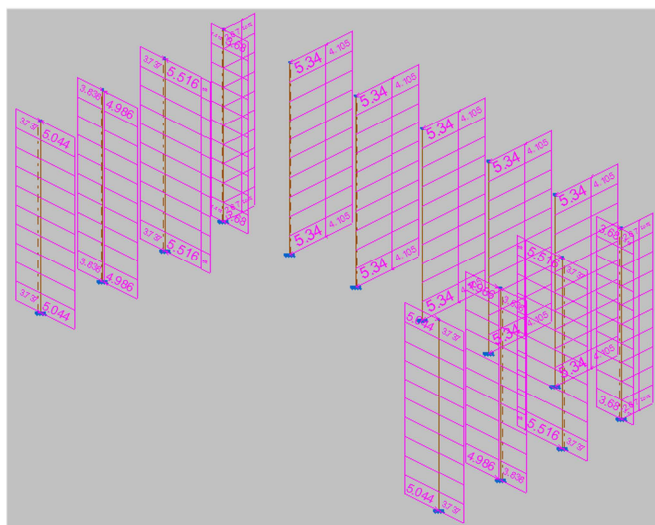
8. V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior



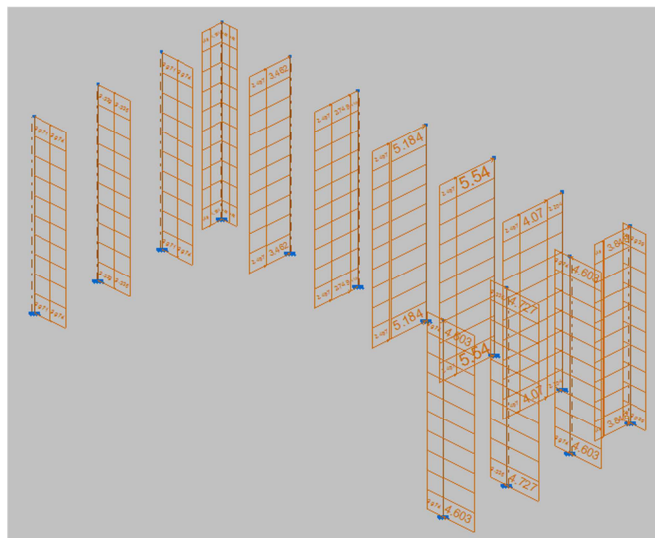
9. V(180°) H3: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior



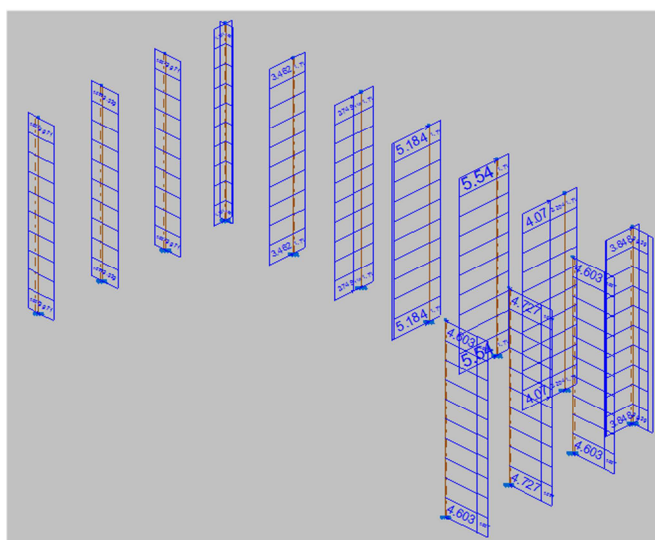
10. V(180°) H4: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior



11.V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior



12.V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior



#### 6.2.4. Resultados

Una vez establecidas las acciones actuantes y las características de diseño se realiza el cálculo, obteniendo el listado de armados de todos los pilares y los listados de las comprobaciones de estados límite últimos (E.L.U.). Estos últimos, contendrán todas las comprobaciones realizadas para dimensionar los elementos de acuerdo a la normativa seleccionada, permitiendo verificar, justificar y optimizar el dimensionamiento de los elementos estructurales.

A continuación, se incluyen los listados correspondientes para los elementos definidos:

## 6.2.4.1. Listado de armados

Armado de pilares											
Hormigón: HA-25, Yc=1.5											
Pilar	Geometría			Armaduras						Aprov. (%)	Estado
	Nivel	Dimensiones (cm)	Tramo (m)	Barras				Estribos			
				Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción <sup>(1)</sup>	Separación (cm)		
P1	Nivel 1	40x80	0.00/12.00	4Ø12	4Ø12	4Ø12	0.42	2eØ6+Y2rØ6	15	84.8	Cumple
				4Ø25	6Ø20	14Ø20	2.58	2eØ8+X1rØ8+Y1rØ8	30	94.9	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	6Ø20	14Ø20	2.58	2eØ8+X1rØ8+Y1rØ8	-	93.7	Cumple
P2	Nivel 1	40x80	0.00/12.00	4Ø12	4Ø12	4Ø12	0.42	2eØ6+Y2rØ6	15	46.3	Cumple
				4Ø25	6Ø20	4Ø16	1.45	2eØ8+Y1rØ8	20	79.9	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	6Ø20	4Ø16	1.45	2eØ8+Y1rØ8	-	79.9	Cumple
P3	Nivel 1	55x80	0.00/12.00	4Ø12	6Ø12	6Ø12	0.41	1eØ6+X1rØ6+Y1rØ6	15	62.7	Cumple
				4Ø25	6Ø25	4Ø20	1.40	2eØ8+Y1rØ8	30	93.9	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	10Ø20	6Ø16	1.43	1eØ8+X1rØ8+Y2rØ8	-	90.9	Cumple
P4	Nivel 1	55x80	0.00/12.00	4Ø12	6Ø12	6Ø12	0.41	1eØ6+X1rØ6+Y1rØ6	15	66.5	Cumple
				4Ø25	6Ø25	4Ø20	1.40	2eØ8+Y1rØ8	30	99.6	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	10Ø20	6Ø16	1.43	1eØ8+X1rØ8+Y2rØ8	-	98.0	Cumple
P5	Nivel 1	40x80	0.00/12.00	4Ø12	4Ø12	4Ø12	0.42	2eØ6+Y2rØ6	15	46.5	Cumple
				4Ø25	6Ø20	4Ø16	1.45	2eØ8+Y1rØ8	20	97.2	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	6Ø20	4Ø16	1.45	2eØ8+Y1rØ8	-	97.2	Cumple
P6	Nivel 1	40x80	0.00/12.00	4Ø12	4Ø12	4Ø12	0.42	2eØ6+Y2rØ6	15	84.8	Cumple
				4Ø25	6Ø20	14Ø20	2.58	2eØ8+X1rØ8+Y1rØ8	30	98.8	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	6Ø20	14Ø20	2.58	2eØ8+X1rØ8+Y1rØ8	-	98.8	Cumple
P7	Nivel 1	50x55	0.00/12.00	4Ø12	2Ø12	4Ø12	0.41	2eØ6	15	69.0	Cumple
				4Ø20	6Ø16	2Ø16	1.04	1eØ6+Y1rØ6	20	99.3	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø20	6Ø16	2Ø16	1.04	1eØ6+Y1rØ6	-	99.3	Cumple
P8	Nivel 1	50x55	0.00/12.00	4Ø12	2Ø12	4Ø12	0.41	2eØ6	15	69.1	Cumple
				4Ø20	6Ø16	2Ø16	1.04	1eØ6+Y1rØ6	20	99.3	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø20	6Ø16	2Ø16	1.04	1eØ6+Y1rØ6	-	99.3	Cumple
P9	Nivel 1	50x80	0.00/12.00	4Ø16	2Ø16	6Ø12	0.47	1eØ6+X1rØ6	15	99.1	Cumple
				4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	20	92.2	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	-	92.2	Cumple
P10	Nivel 1	50x80	0.00/12.00	4Ø16	2Ø16	6Ø12	0.47	1eØ6+X1rØ6	15	99.5	Cumple
				4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	20	98.4	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	-	98.4	Cumple
P11	Nivel 1	50x80	0.00/12.00	4Ø16	2Ø16	6Ø12	0.47	1eØ6+X1rØ6	15	99.5	Cumple
				4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	20	98.4	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	-	98.4	Cumple
P12	Nivel 1	50x80	0.00/12.00	4Ø16	2Ø16	6Ø12	0.47	1eØ6+X1rØ6	15	99.5	Cumple
				4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	20	98.4	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	-	98.4	Cumple
P13	Nivel 1	50x80	0.00/12.00	4Ø16	2Ø16	6Ø12	0.47	1eØ6+X1rØ6	15	99.1	Cumple
				4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	20	92.2	Cumple
	Nivel 0	-	-	4Ø25	8Ø20	4Ø16	1.32	2eØ8+Y2rØ8	-	92.2	Cumple

Notas:

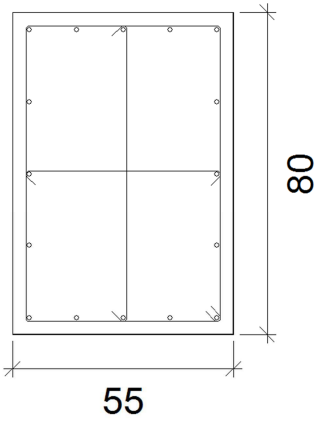
<sup>(1)</sup> e = estribo, r = rama

## 6.2.4.2. Comprobaciones E.L.U. y E.L.S

## 6.2.4.2.1. Pilares P3 y P4

## Pilar P4

## NIVEL 1 (7 - 12 M)

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 55x80 cm
	Tramo : 0.000/12.000 m
	Altura libre : 12.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
Tamaño máximo de árido : 15 mm	
Materiales	Longitud de pandeo
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 12.00 m
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø12	Estribos : 1eØ6+X1rØ6+Y1rØ6 Separación : 15 - 10 cm
Cara X : 6Ø12	
Cara Y : 6Ø12	
Cuantía : 0.41 %	

**Disposiciones relativas a las armaduras** (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)**Dimensiones mínimas**

La dimensión mínima del soporte ( $b_{min}$ ) debe cumplir la siguiente condición (Artículo 54):

$$b_{min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$550.00 \text{ mm} \geq 250.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

**Armadura longitudinal**

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

$$105 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

$$s_3 : \underline{12} \text{ mm}$$

Siendo:

$d_a$ : Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

$\varnothing_{max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{max} : \underline{12} \text{ mm}$$

La separación entre dos barras consecutivas de la armadura principal debe ser de 350 mm como máximo (Artículo 54):

$$s \leq 350 \text{ mm}$$

$$179 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm} \quad \checkmark$$

El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm (Artículo 54):

$$\varnothing \geq 12 \text{ mm}$$

$$12 \text{ mm} \geq 12 \text{ mm} \quad \checkmark$$

### Estribos

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{\min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{\min}$$

$$144 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{\min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{\min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{\max}$$

$$s_3 : \underline{6} \text{ mm}$$

Siendo:

$d_a$ : Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$$\varnothing_{\max} : \underline{6} \text{ mm}$$

Para poder tener en cuenta las armaduras pasivas en compresión, es necesario que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación  $s_t$  y diámetro  $\varnothing_t$  cumplan (Artículo 42.3.1):

$$s_t \leq 15 \cdot \varnothing_{\min} \geq 300 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 180 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s_t \leq b_{\min}$$

$$150 \text{ mm} \leq 550 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$\varnothing_{\min}$ : Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$$\varnothing_{\min} : \underline{12} \text{ mm}$$

$b_{\min}$ : Dimensión mínima de la sección.

$$b_{\min} : \underline{550.00} \text{ mm}$$

$$\varnothing_t \geq 1/4 \cdot \varnothing_{\max}$$

$$6 \text{ mm} \geq 3 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{\max} : \underline{12} \text{ mm}$$

### Armadura mínima y máxima (EHE-08, Artículo 42.3)

#### Cuantía geométrica mínima de armadura principal (Artículo 42.3.5)

La cuantía geométrica de armadura principal  $\rho_l$  en pilares con barras de acero  $f_{yk}=500.00$  MPa debe cumplir:

$$\rho_l \geq 0.004$$

$$0.0041 \geq 0.0040 \quad \checkmark$$



**Armadura longitudinal mínima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \geq 0.1 \cdot N_d \quad 723.84 \text{ kN} \geq 12.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.	$A'_s$ :	$\frac{18.10}{400.00}$	cm <sup>2</sup>
$f_{vc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión.	$f_{vc,d}$ :	$\frac{400.00}{400.00}$	MPa
$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$			
$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.	$N_d$ :	$\frac{120.65}{120.65}$	kN

**Armadura longitudinal máxima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \leq f_{cd} \cdot A_c \quad 723.84 \text{ kN} \leq 7333.33 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.	$A'_s$ :	$\frac{18.10}{400.00}$	cm <sup>2</sup>
$f_{vc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión.	$f_{vc,d}$ :	$\frac{400.00}{400.00}$	MPa
$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$			
$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd}$ :	$\frac{16.67}{16.67}$	MPa
$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.	$A_c$ :	$\frac{4400.00}{4400.00}$	cm <sup>2</sup>

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (EHE-08, Artículo 44)**

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta : 0.047 \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{rd1}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.	$V_{rd1,x}$ :	$\frac{0.85}{0.85}$	kN
	$V_{rd1,y}$ :	$\frac{72.23}{72.23}$	kN
$V_{u1}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	$V_{u1,x}$ :	$\frac{1523.64}{1523.64}$	kN
	$V_{u1,y}$ :	$\frac{1547.50}{1547.50}$	kN

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd2,x}}{V_{u2,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd2,y}}{V_{u2,y}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta : 0.443 \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{rd2}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.	$V_{rd2,x}$ :	$\frac{1.05}{1.05}$	kN
	$V_{rd2,y}$ :	$\frac{72.03}{72.03}$	kN
$V_{u2}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.	$V_{u2,x}$ :	$\frac{178.88}{178.88}$	kN
	$V_{u2,y}$ :	$\frac{162.48}{162.48}$	kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '7 m', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI)".

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta} \quad V_{u1} : \underline{1523.64} \text{ kN}$$

Donde:

**K:** Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : \underline{1.00}$$

$$\sigma'_{cd} \leq 0 \rightarrow K = 1.00$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{-1.58} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{90.52} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>:** Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{18.10} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>:** Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>:** Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**b<sub>0</sub>:** Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : \underline{800.00} \text{ mm}$$

**d:** Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : \underline{380.91} \text{ mm}$$

**α:** Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

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

**θ:** Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ grados}$$

Cortante en la dirección Y:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta} \quad V_{u1} : \underline{1547.50} \text{ kN}$$

Donde:

**K:** Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : \underline{1.00}$$

$$\sigma'_{cd} \leq 0 \rightarrow K = 1.00$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{-0.35} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{90.52} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>:** Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{5.66} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>:** Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.	$f_{ck}$ : <u>25.00</u> MPa
$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd}$ : <u>16.67</u> MPa
$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.	$b_0$ : <u>550.00</u> mm
$d$ : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	$d$ : <u>562.73</u> mm
$\alpha$ : Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.	$\alpha$ : <u>90.0</u> grados
$\theta$ : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.	$\theta$ : <u>45.0</u> grados

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '7 m', para la combinación de hipótesis "PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1".

### Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección X:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad V_{u2} : \underline{143.14} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad V_{u2,min} : \underline{178.88} \text{ kN}$$

Donde:

$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.	$b_0$ : <u>800.00</u> mm
$d$ : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	$d$ : <u>380.91</u> mm
$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.	$\gamma_c$ : <u>1.5</u>
$\xi$ : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.	$\xi$ : <u>1.72</u>

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

$f_{cv}$ : Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm <sup>2</sup> .	$f_{cv}$ : <u>25.00</u> MPa
$f_{cv} = f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$	

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.	$f_{ck}$ : <u>25.00</u> MPa
---	-----------------------------

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.	$\sigma'_{cd}$ : <u>0.14</u> MPa
---	----------------------------------

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.	$N_d$ : <u>61.08</u> kN
-------------------------------------	-------------------------

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.	$A_c$ : <u>4400.00</u> cm <sup>2</sup>
---	--

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd}$ : <u>16.67</u> MPa
--	-----------------------------

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.	$\rho_l$ : <u>0.0041</u>
--	--------------------------

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.	$A_s$ : <u>12.44</u> cm <sup>2</sup>
---	--------------------------------------

Cortante en la dirección Y:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2}} : \underline{134.37} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2,min}} : \underline{162.48} \text{ kN}$$

Donde:

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento. **b<sub>0</sub>** : 550.00 mm

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión. **d** : 562.73 mm

**γ<sub>c</sub>**: Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón. **γ<sub>c</sub>** : 1.5

**ξ**: Coeficiente que depende del canto útil 'd'. **ξ** : 1.60

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>. **f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón. **f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras. **σ'<sub>cd</sub>** : 0.14 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo. **N<sub>d</sub>** : 61.08 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón. **A<sub>c</sub>** : 4400.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón. **f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**ρ<sub>l</sub>**: Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción. **ρ<sub>l</sub>** : 0.0040

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**A<sub>s</sub>**: Área de la armadura longitudinal principal de tracción. **A<sub>s</sub>** : 12.44 cm<sup>2</sup>

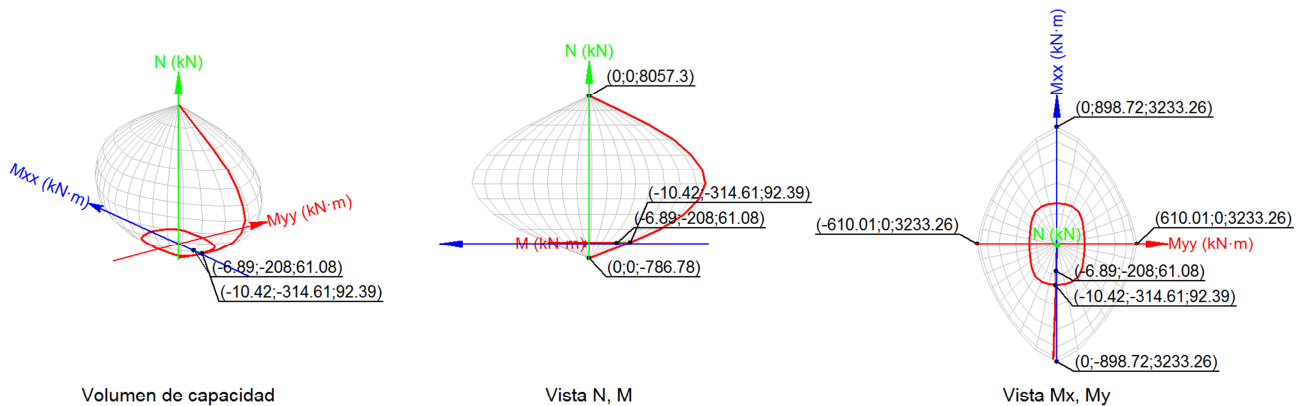
### Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '7 m', para la combinación de hipótesis "PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.661} \quad \checkmark$$



### Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )

$N_{ed}, M_{ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

$N_{ed}$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$M_{ed}$ : Momento de cálculo de primer orden.

$$N_{ed} : \frac{61.08}{\gamma} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} : \frac{-208.00}{\gamma} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,v} : \frac{-6.89}{\gamma} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$N_{Rd}$ : Axil de agotamiento.

$M_{Rd}$ : Momentos de agotamiento.

$$N_{Rd} : 92.39 \text{ kN}$$

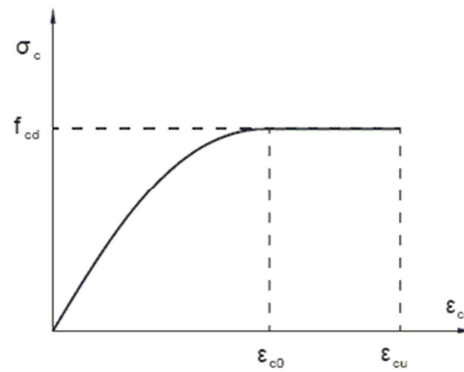
$$M_{Rd,x} : -314.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,v} : -10.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- Las deformaciones  $\epsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- Diagramas de cálculo.
  - El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

$\epsilon_{c0}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$$\epsilon_{c0} : \underline{0.0020}$$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

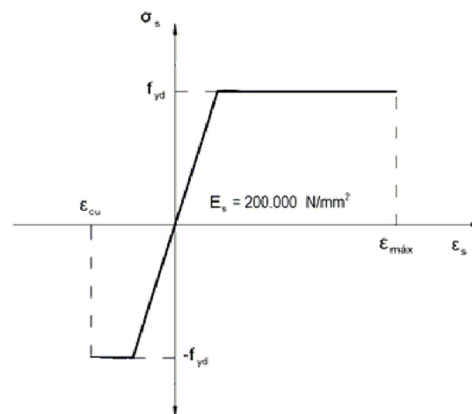
$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

- (ii) Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación de acero de las armaduras pasivas.



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

$$f_{yd} : \underline{434.78 \text{ MPa}}$$

$\epsilon_{max}$ : Deformación máxima del acero en tracción.

$$\epsilon_{max} : \underline{0.0100}$$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$f_{yk}$ : Resistencia característica de proyecto

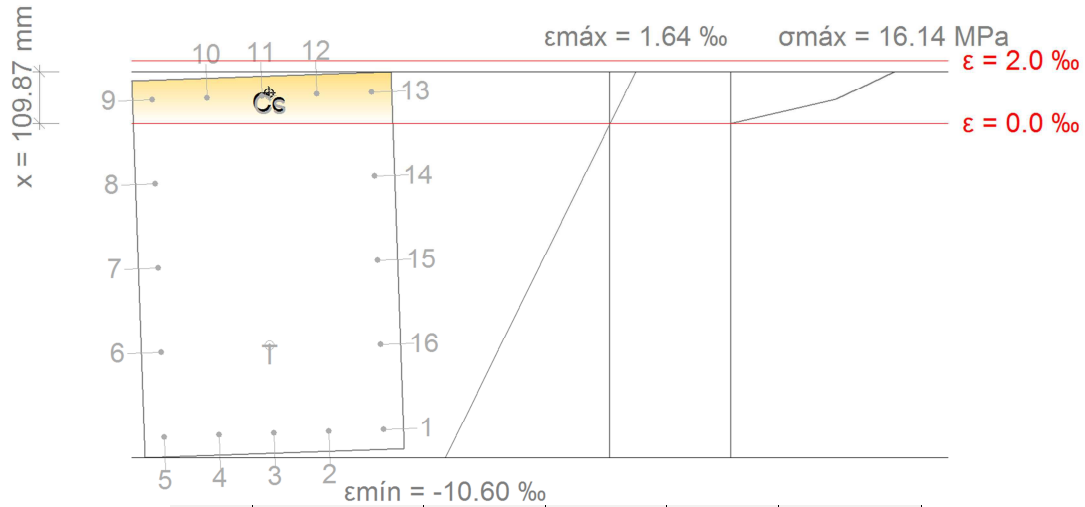
$$f_{yk} : \underline{500.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad.

$$\gamma_s : \underline{1.15}$$

- (e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø12	-233.00	358.00	-434.78	-0.009707
2	Ø12	-116.50	358.00	-434.78	-0.009768
3	Ø12	0.00	358.00	-434.78	-0.009829
4	Ø12	116.50	358.00	-434.78	-0.009889
5	Ø12	233.00	358.00	-434.78	-0.009950
6	Ø12	233.00	179.00	-434.78	-0.007275
7	Ø12	233.00	0.00	-434.78	-0.004600
8	Ø12	233.00	-179.00	-384.90	-0.001925
9	Ø12	233.00	-358.00	+150.13	+0.000751
10	Ø12	116.50	-358.00	+162.27	+0.000811
11	Ø12	0.00	-358.00	+174.41	+0.000872
12	Ø12	-116.50	-358.00	+186.55	+0.000933
13	Ø12	-233.00	-358.00	+198.69	+0.000993
14	Ø12	-233.00	-179.00	-336.34	-0.001682
15	Ø12	-233.00	0.00	-434.78	-0.004357
16	Ø12	-233.00	179.00	-434.78	-0.007032

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	517.90	-14.57	-363.55
Cs	98.63	-16.22	-358.00
T	524.14	2.44	173.66

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{92.39} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{-314.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

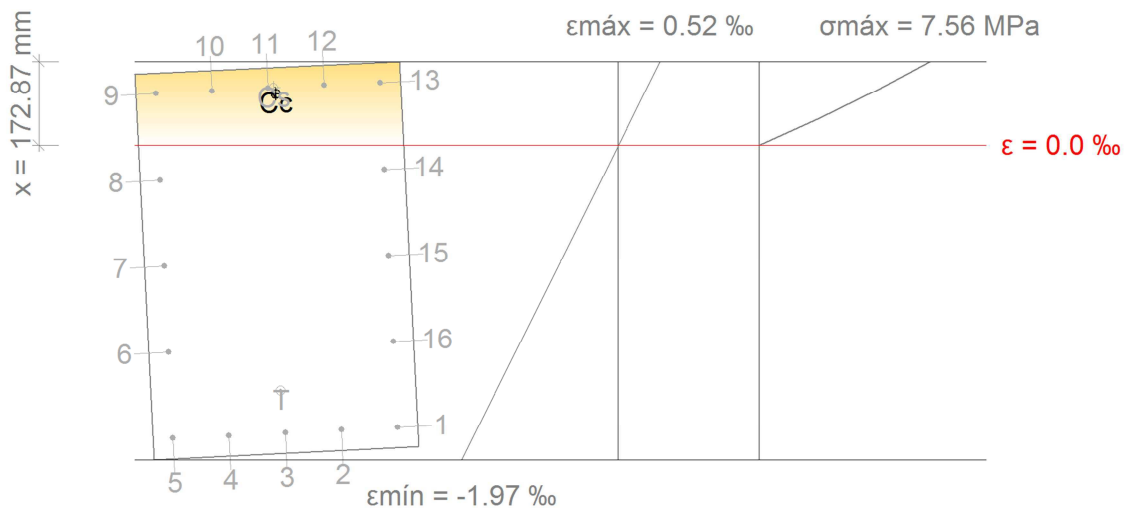
$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{-10.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$C_c$ : Resultante de compresiones en el hormigón.	$C_c$ : 517.90 kN
$C_s$ : Resultante de compresiones en el acero.	$C_s$ : 98.63 kN
$T$ : Resultante de tracciones en el acero.	$T$ : 524.14 kN
$e_{cc}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$ : -14.57 mm
	$e_{cc,y}$ : -363.55 mm
$e_{cs}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cs,x}$ : -16.22 mm
	$e_{cs,y}$ : -358.00 mm
$e_T$ : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$ : 2.44 mm
	$e_{T,y}$ : 173.66 mm
$\epsilon_{cmax}$ : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	$\epsilon_{cmax}$ : 0.0016
$\epsilon_{smax}$ : Deformación de la barra de acero más traccionada.	$\epsilon_{smax}$ : 0.0100
$\sigma_{cmax}$ : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	$\sigma_{cmax}$ : 16.14 MPa
$\sigma_{smax}$ : Tensión de la barra de acero más traccionada.	$\sigma_{smax}$ : 434.78 MPa

#### Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø12	-233.00	358.00	-354.07	-0.001770
2	Ø12	-116.50	358.00	-357.57	-0.001788
3	Ø12	0.00	358.00	-361.07	-0.001805
4	Ø12	116.50	358.00	-364.56	-0.001823
5	Ø12	233.00	358.00	-368.06	-0.001840
6	Ø12	233.00	179.00	-260.09	-0.001300
7	Ø12	233.00	0.00	-152.12	-0.000761
8	Ø12	233.00	-179.00	-44.16	-0.000221
9	Ø12	233.00	-358.00	+63.81	+0.000319
10	Ø12	116.50	-358.00	+67.31	+0.000337
11	Ø12	0.00	-358.00	+70.81	+0.000354
12	Ø12	-116.50	-358.00	+74.31	+0.000372
13	Ø12	-233.00	-358.00	+77.80	+0.000389
14	Ø12	-233.00	-179.00	-30.16	-0.000151
15	Ø12	-233.00	0.00	-138.13	-0.000691
16	Ø12	-233.00	179.00	-246.10	-0.001231



	<b>Resultante (kN)</b>	<b>e.x (mm)</b>	<b>e.y (mm)</b>
Cc	323.70	-15.02	-345.45
Cs	40.04	-11.51	-358.00
T	302.67	5.18	270.40

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{ed} : \underline{61.08} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{ed,x} : \underline{-208.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : \underline{-6.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{323.70} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{40.04} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{302.67} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{-15.02} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-345.45} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{-11.51} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-358.00} \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{5.18} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{270.40} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0005}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0018}$$

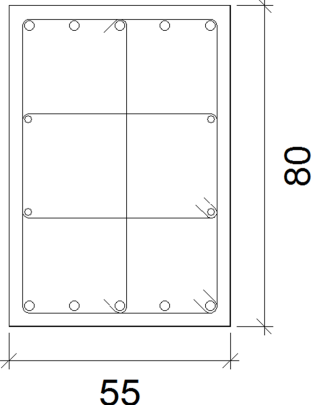
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{7.56} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{368.06} \text{ MPa}$$

## NIVEL 1 (0 - 7 M)

Datos del pilar		
	Geometría	
	Dimensiones : 55x80 cm	
	Tramo : 0.000/12.000 m	
	Altura libre : 12.00 m	
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 12.00 m
	Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 22.80 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø25	Estribos : 2eØ8+Y1rØ8 Separación : 6 - 30 cm	
Cara X : 6Ø25		
Cara Y : 4Ø20		
Cuantía : 1.40 %		

**Disposiciones relativas a las armaduras** (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)**Dimensiones mínimas**

La dimensión mínima del soporte ( $b_{min}$ ) debe cumplir la siguiente condición (Artículo 54):

$$b_{min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$550.00 \text{ mm} \geq 250.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

**Armadura longitudinal**

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

$$87 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{min} : \underline{25} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

$$s_3 : \underline{25} \text{ mm}$$

Siendo:

$d_a$ : Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

$\varnothing_{max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{max} : \underline{25} \text{ mm}$$

La separación entre dos barras consecutivas de la armadura principal debe ser de 350 mm como máximo (Artículo 54):

$$s \leq 350 \text{ mm}$$

$$233 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm} \quad \checkmark$$

El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm (Artículo 54):

$$\varnothing \geq 12 \text{ mm}$$

$$20 \text{ mm} \geq 12 \text{ mm} \quad \checkmark$$

### Estribos

La distancia libre  $d_i$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{\min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_i \geq s_{\min}$$

$$52 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{\min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{\min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{\max}$$

$$s_3 : \underline{8} \text{ mm}$$

Siendo:

$d_a$ : Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$$\varnothing_{\max} : \underline{8} \text{ mm}$$

Para poder tener en cuenta las armaduras pasivas en compresión, es necesario que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación  $s_t$  y diámetro  $\varnothing_t$  cumplan (Artículo 42.3.1):

$$s_t \leq 15 \cdot \varnothing_{\min} \geq 300 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s_t \leq b_{\min}$$

$$60 \text{ mm} \leq 550 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$\varnothing_{\min}$ : Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$$\varnothing_{\min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$b_{\min}$ : Dimensión mínima de la sección.

$$b_{\min} : \underline{550.00} \text{ mm}$$

$$\varnothing_t \geq 1/4 \cdot \varnothing_{\max}$$

$$8 \text{ mm} \geq 6.3 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{\max} : \underline{25} \text{ mm}$$

### Armadura mínima y máxima (EHE-08, Artículo 42.3)

#### Cuantía geométrica mínima de armadura principal (Artículo 42.3.5)

La cuantía geométrica de armadura principal  $\rho_l$  en pilares con barras de acero  $f_{yk}=500.00$  MPa debe cumplir:

$$\rho_l \geq 0.004$$

$$0.0140 \geq 0.0040 \quad \checkmark$$

#### Armadura longitudinal mínima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \geq 0.1 \cdot N_d$$

$$2466.18 \text{ kN} \geq 22.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.	$A'_s$ : <u>61.65</u> cm <sup>2</sup>
$f_{vc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión. $f_{vc,d} = f_{yd} \geq 400$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{vc,d}$ : <u>400.00</u> MPa
$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.	$N_d$ : <u>225.42</u> kN

### Armadura longitudinal máxima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{vc,d} \leq f_{cd} \cdot A_c \quad 2466.18 \text{ kN} \leq 7333.33 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.	$A'_s$ : <u>61.65</u> cm <sup>2</sup>
$f_{vc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión. $f_{vc,d} = f_{yd} \geq 400$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{vc,d}$ : <u>400.00</u> MPa
$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd}$ : <u>16.67</u> MPa
$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.	$A_c$ : <u>4400.00</u> cm <sup>2</sup>

### Estado límite de agotamiento frente a cortante (EHE-08, Artículo 44)

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{rd1}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.	$V_{rd1,x}$ : <u>0.85</u> kN
	$V_{rd1,y}$ : <u>155.29</u> kN
$V_{u1}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	$V_{u1,x}$ : <u>1629.70</u> kN
	$V_{u1,y}$ : <u>1735.67</u> kN

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd2,x}}{V_{u2,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd2,y}}{V_{u2,y}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.735} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{rd2}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.	$V_{rd2,x}$ : <u>0.16</u> kN
	$V_{rd2,y}$ : <u>154.62</u> kN
$V_{u2}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.	$V_{u2,x}$ : <u>215.37</u> kN
	$V_{u2,y}$ : <u>210.43</u> kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI)".

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta} \quad V_{u1} : \underline{1629.70} \text{ kN}$$

Donde:

**K:** Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : \underline{1.00}$$

$$\sigma'_{cd} \leq 0 \rightarrow K = 1.00$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{-5.65} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{195.29} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>:** Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{61.65} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>:** Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>:** Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**b<sub>0</sub>:** Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : \underline{800.00} \text{ mm}$$

**d:** Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : \underline{407.43} \text{ mm}$$

**α:** Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

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

**θ:** Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ grados}$$

Cortante en la dirección Y:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta} \quad V_{u1} : \underline{1735.67} \text{ kN}$$

Donde:

**K:** Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : \underline{1.00}$$

$$\sigma'_{cd} \leq 0 \rightarrow K = 1.00$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{-1.98} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{195.29} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>:** Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{24.54} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>:** Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.	$f_{ck}$ : <u>25.00</u> MPa
$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd}$ : <u>16.67</u> MPa
$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.	$b_0$ : <u>550.00</u> mm
$d$ : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	$d$ : <u>631.15</u> mm
$\alpha$ : Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.	$\alpha$ : <u>90.0</u> grados
$\theta$ : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.	$\theta$ : <u>45.0</u> grados

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "PP+1.5·V(90°)H2".

### Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección X:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad V_{u2} : \underline{215.37} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad V_{u2,min} : \underline{195.53} \text{ kN}$$

Donde:

$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.	$b_0$ : <u>800.00</u> mm
$d$ : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	$d$ : <u>407.43</u> mm
$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.	$\gamma_c$ : <u>1.5</u>
$\xi$ : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.	$\xi$ : <u>1.70</u>

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

$f_{cv}$ : Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm <sup>2</sup> .	$f_{cv}$ : <u>25.00</u> MPa
--	-----------------------------

$$f_{cv} = f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.	$f_{ck}$ : <u>25.00</u> MPa
---	-----------------------------

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$\sigma'_{cd}$ : <u>0.30</u> MPa
----------------------------------

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.	$N_d$ : <u>133.29</u> kN
-------------------------------------	--------------------------

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.	$A_c$ : <u>4400.00</u> cm <sup>2</sup>
---	--

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd}$ : <u>16.67</u> MPa
--	-----------------------------

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$\rho_l$ : <u>0.0110</u>
--------------------------

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.	$A_s$ : <u>35.74</u> cm <sup>2</sup>
---	--------------------------------------

Cortante en la dirección Y:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad V_{u2} : \underline{210.43} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad V_{u2,min} : \underline{185.34} \text{ kN}$$

Donde:

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento. **b<sub>0</sub>** : 550.00 mm

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión. **d** : 631.15 mm

**γ<sub>c</sub>**: Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón. **γ<sub>c</sub>** : 1.5

**ξ**: Coeficiente que depende del canto útil 'd'. **ξ** : 1.56

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>. **f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón. **f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras. **σ'<sub>cd</sub>** : 0.30 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo. **N<sub>d</sub>** : 133.29 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón. **A<sub>c</sub>** : 4400.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón. **f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**ρ<sub>l</sub>**: Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción. **ρ<sub>l</sub>** : 0.0107

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**A<sub>s</sub>**: Área de la armadura longitudinal principal de tracción. **A<sub>s</sub>** : 37.11 cm<sup>2</sup>

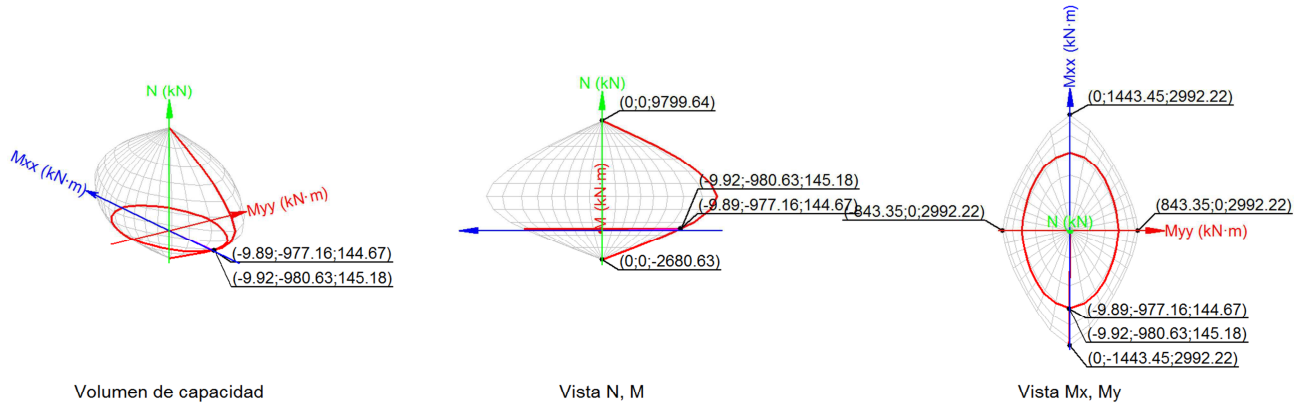
### Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI)".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

**η** : 0.996 ✓



### Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )

$N_{ed}, M_{ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

$N_{ed}$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$M_{ed}$ : Momento de cálculo de primer orden.

$$N_{ed} : \frac{144.67}{1} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} : \frac{-977.16}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} : \frac{-9.89}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$N_{Rd}$ : Axil de agotamiento.

$M_{Rd}$ : Momentos de agotamiento.

$$N_{Rd} : \frac{145.18}{1} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} : \frac{-980.63}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} : \frac{-9.92}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$N_{ed} = N_d$$

$$M_{ed} = N_d \cdot e_e$$

Siendo:

$e_e$ : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo 42.2.1.

$$e_{e,x} : \frac{-68.35}{1} \text{ mm}$$

$$e_{e,y} : \frac{-6754.54}{1} \text{ mm}$$

En este caso, las excentricidades  $e_{0,x}$  y  $e_{0,y}$  son superiores a la mínima.

$$e_{e,x} = e_{0,x}$$

$$e_{e,y} = e_{0,y}$$

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{min} = h/20 \leq 2 \text{ cm}$$

$$e_{min} : \frac{40.00}{1} \text{ mm}$$

$h$ : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \frac{800.00}{1} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \frac{-6754.54}{1} \text{ mm}$$



Donde:

$M_d$ : Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \frac{-977.16}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \frac{144.67}{\quad} \text{ kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{\min} = h/20 \leq 2 \text{ cm}$$

$$e_{\min} : \frac{27.50}{\quad} \text{ mm}$$

$h$ : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \frac{550.00}{\quad} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \frac{-68.35}{\quad} \text{ mm}$$

Donde:

$M_d$ : Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \frac{-9.89}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \frac{144.67}{\quad} \text{ kN}$$

### Comprobación del estado límite de inestabilidad

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{\text{inf}}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \frac{98.73}{\quad}$$

Donde:

$l_0$ : Longitud de pandeo.

$$l_0 : \frac{22.800}{\quad} \text{ m}$$

$i_c$ : Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \frac{23.09}{\quad} \text{ cm}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \frac{4400.00}{\quad} \text{ cm}^2$$

$I$ : Inercia.

$$I : \frac{2346666.67}{\quad} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{\text{inf}} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \nlessgtr 100$$

$$\lambda_{\text{inf}} : \frac{100.00}{\quad}$$

Donde:

$e_2$ : Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

$$e_2 : \frac{40.00}{\quad} \text{ mm}$$

$e_1$ : En estructuras traslacionales es igual a  $e_2$ .

$$e_1 : \frac{40.00}{\quad} \text{ mm}$$

$h$ : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \frac{800.00}{\quad} \text{ mm}$$

$C$ : Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

$$C : \frac{0.22}{\quad}$$

$v$ : Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

$$v : \frac{0.02}{\quad}$$

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \frac{144.67}{\quad} \text{ kN}$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \frac{16.67}{\quad} \text{ MPa}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \frac{4400.00}{\quad} \text{ cm}^2$$

**En el eje y:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{75.58}$$

Donde:

$l_0$ : Longitud de pandeo.

$$l_0 : \underline{12.000} \text{ m}$$

$i_c$ : Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{15.88} \text{ cm}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

$I$ : Inercia.

$$I : \underline{1109166.67} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

$$\lambda_{inf} : \underline{100.00}$$

Donde:

$e_2$ : Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

$$e_2 : \underline{27.50} \text{ mm}$$

$e_1$ : En estructuras traslacionales es igual a  $e_2$ .

$$e_1 : \underline{27.50} \text{ mm}$$

$h$ : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{550.00} \text{ mm}$$

$C$ : Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

$$C : \underline{0.19}$$

$v$ : Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

$$v : \underline{0.02}$$

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{144.67} \text{ kN}$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

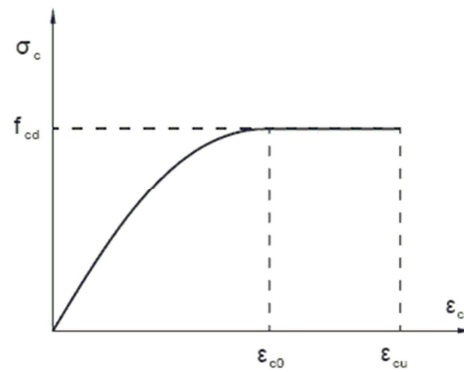
$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**Cálculo de la capacidad resistente**

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- Las deformaciones  $\varepsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- Diagramas de cálculo.
  - El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

$\epsilon_{c0}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$$\epsilon_{c0} : \underline{0.0020}$$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

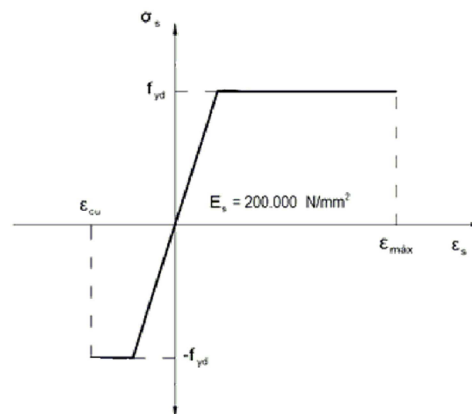
$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

- (ii) Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



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

$$f_{yd} : \underline{434.78 \text{ MPa}}$$

$\epsilon_{max}$ : Deformación máxima del acero en tracción.

$$\epsilon_{max} : \underline{0.0100}$$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$f_{yk}$ : Resistencia característica de proyecto

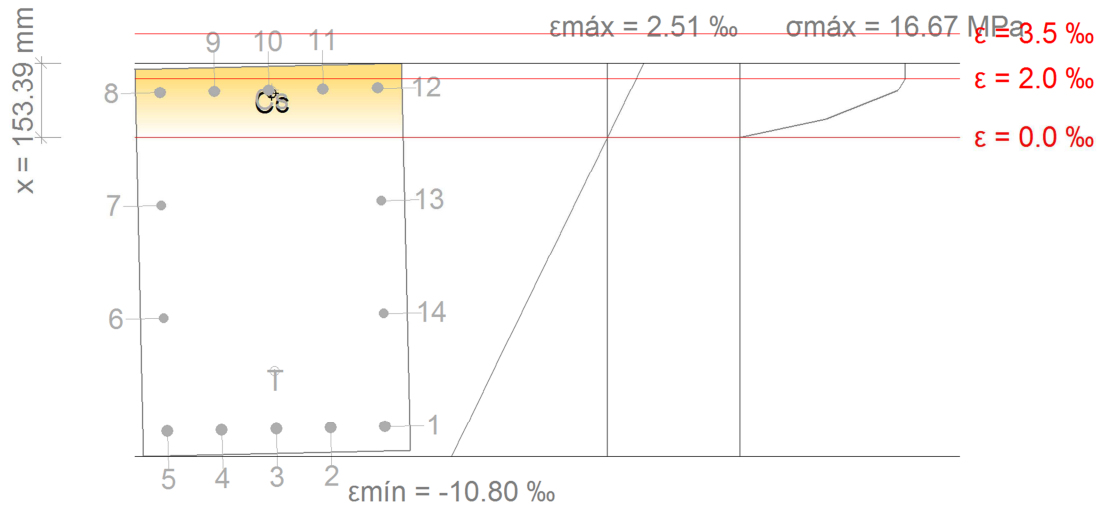
$$f_{yk} : \underline{500.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad.

$$\gamma_s : \underline{1.15}$$

- (e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø25	-224.50	349.50	-434.78	-0.009788
2	Ø25	-112.25	349.50	-434.78	-0.009828
3	Ø25	0.00	349.50	-434.78	-0.009869
4	Ø25	112.25	349.50	-434.78	-0.009909
5	Ø25	224.50	349.50	-434.78	-0.009950
6	Ø20	227.00	116.50	-434.78	-0.006132
7	Ø20	227.00	-116.50	-434.78	-0.002313
8	Ø25	224.50	-349.50	+301.25	+0.001506
9	Ø25	112.25	-349.50	+309.37	+0.001547
10	Ø25	0.00	-349.50	+317.48	+0.001587
11	Ø25	-112.25	-349.50	+325.60	+0.001628
12	Ø25	-224.50	-349.50	+333.72	+0.001669
13	Ø20	-227.00	-116.50	-429.85	-0.002149
14	Ø20	-227.00	116.50	-434.78	-0.005968

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	977.90	-5.21	-342.73
Cs	779.23	-5.74	-349.50
T	1611.95	0.22	231.49

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{145.18} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{-980.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

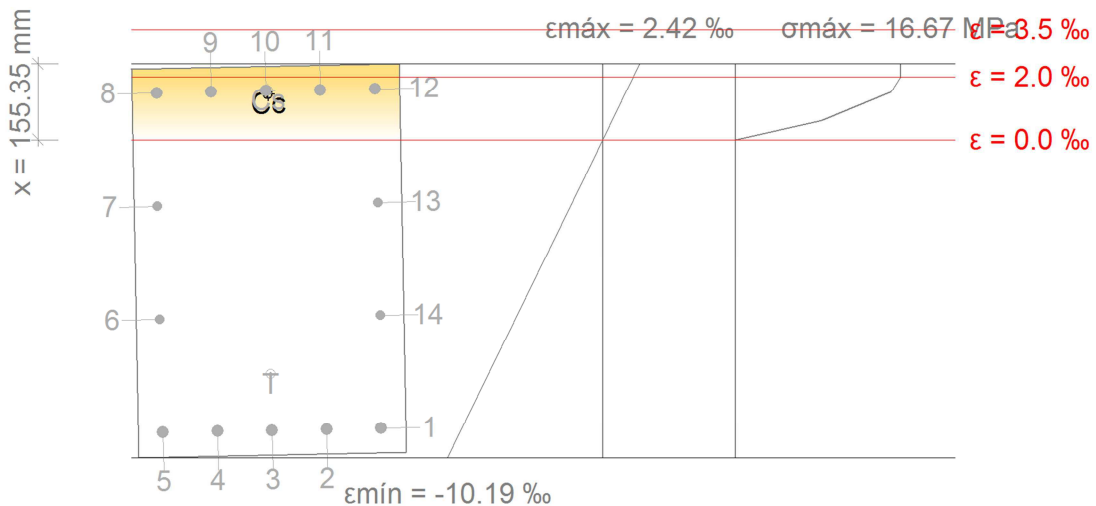
$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{-9.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$C_c$ : Resultante de compresiones en el hormigón.	$C_c$ : 977.90 kN
$C_s$ : Resultante de compresiones en el acero.	$C_s$ : 779.23 kN
$T$ : Resultante de tracciones en el acero.	$T$ : 1611.95 kN
$e_{cc}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$ : -5.21 mm
	$e_{cc,y}$ : -342.73 mm
$e_{cs}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cs,x}$ : -5.74 mm
	$e_{cs,y}$ : -349.50 mm
$e_T$ : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$ : 0.22 mm
	$e_{T,y}$ : 231.49 mm
$\epsilon_{cmax}$ : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	$\epsilon_{cmax}$ : 0.0025
$\epsilon_{smax}$ : Deformación de la barra de acero más traccionada.	$\epsilon_{smax}$ : 0.0099
$\sigma_{cmax}$ : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	$\sigma_{cmax}$ : 16.67 MPa
$\sigma_{smax}$ : Tensión de la barra de acero más traccionada.	$\sigma_{smax}$ : 434.78 MPa

### Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø25	-224.50	349.50	-434.78	-0.009261
2	Ø25	-112.25	349.50	-434.78	-0.009294
3	Ø25	0.00	349.50	-434.78	-0.009327
4	Ø25	112.25	349.50	-434.78	-0.009360
5	Ø25	224.50	349.50	-434.78	-0.009393
6	Ø20	227.00	116.50	-434.78	-0.005767
7	Ø20	227.00	-116.50	-428.25	-0.002141
8	Ø25	224.50	-349.50	+297.12	+0.001486
9	Ø25	112.25	-349.50	+303.71	+0.001519
10	Ø25	0.00	-349.50	+310.30	+0.001552
11	Ø25	-112.25	-349.50	+316.89	+0.001584
12	Ø25	-224.50	-349.50	+323.48	+0.001617
13	Ø20	-227.00	-116.50	-401.61	-0.002008
14	Ø20	-227.00	116.50	-434.78	-0.005634

	<b>Resultante (kN)</b>	<b>e.x (mm)</b>	<b>e.y (mm)</b>
Cc	984.09	-4.43	-342.01
Cs	761.60	-4.77	-349.50
T	1601.02	1.19	233.86

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{ed} : \underline{144.67} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{ed,x} : \underline{-977.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : \underline{-9.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{984.09} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{761.60} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{1601.02} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{-4.43} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-342.01} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{-4.77} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-349.50} \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{1.19} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{233.86} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0024}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0094}$$

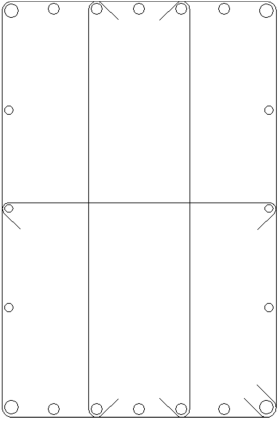
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

## NIVEL 0

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 55x80 cm
	Tramo : -1.150/0.000 m
	Altura libre : 0.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
Tamaño máximo de árido : 15 mm	
Materiales	Longitud de pandeo
Hormigón : HA-25, Yc=1.5	Plano ZX : 12.00 m
Acero : B 500 S, Ys=1.15	Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø25	Estribos : 1eØ8+X1rØ8+Y2rØ8
Cara X : 10Ø20	
Cara Y : 6Ø16	
Cuantía : 1.43 %	

**Disposiciones relativas a las armaduras** (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)

La comprobación no procede

**Armadura mínima y máxima** (EHE-08, Artículo 42.3)

La comprobación no procede

**Estado límite de agotamiento frente a cortante** (EHE-08, Artículo 44)

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{rd1}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd1,x} : \underline{0.85} \text{ kN}$$

$$V_{rd1,y} : \underline{155.29} \text{ kN}$$

$V_{u1}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{u1,x} : \underline{1541.73} \text{ kN}$$

$$V_{u1,y} : \underline{1891.64} \text{ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

$$V_{u1} : \underline{1541.73} \text{ kN}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$\mathbf{K} : \underline{1.00}$$

$$\sigma'_{cd} \leq 0 \rightarrow K = 1.00$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{-5.79} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$\mathbf{N_d} : \underline{195.29} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$\mathbf{A_c} : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

$$\mathbf{A'_s} : \underline{63.11} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

$$\mathbf{f_{1cd}} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$\mathbf{f_{cd}} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

$$\mathbf{b_0} : \underline{800.00} \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$\mathbf{d} : \underline{385.43} \text{ mm}$$

**α**: Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

$$\mathbf{\alpha} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

**θ**: Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\mathbf{\theta} : \underline{45.0} \text{ grados}$$

Cortante en la dirección Y:

$$V_{ui} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

$$\mathbf{V_{ui}} : \underline{1891.64} \text{ kN}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$\mathbf{K} : \underline{1.00}$$

$$\sigma'_{cd} \leq 0 \rightarrow K = 1.00$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{-2.08} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$\mathbf{N_d} : \underline{195.29} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$\mathbf{A_c} : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

$$\mathbf{A'_s} : \underline{25.53} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

$$\mathbf{f_{1cd}} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$\mathbf{f_{cd}} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

$$\mathbf{b_0} : \underline{550.00} \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$\mathbf{d} : \underline{687.87} \text{ mm}$$

**α**: Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

$$\mathbf{\alpha} : \underline{90.0} \text{ grados}$$



$\theta$ : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$\theta$  : 45.0 grados

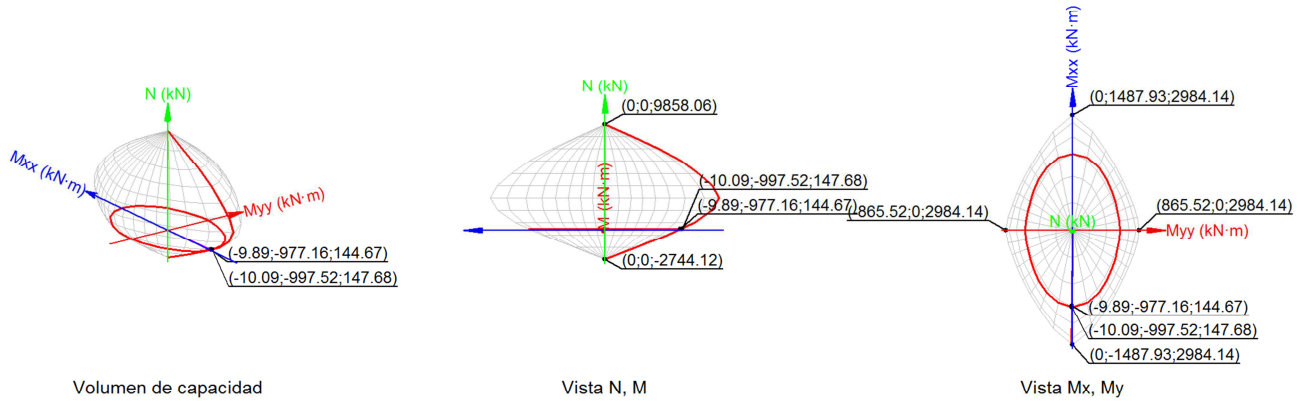
### Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.980 ✓



### Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )

$N_{ed}, M_{ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

$N_{ed}$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$M_{ed}$ : Momento de cálculo de primer orden.

$N_{ed}$  : 144.67 kN

$M_{ed,x}$  : -977.16 kN·m

$M_{ed,y}$  : -9.89 kN·m

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$N_{Rd}$ : Axil de agotamiento.

$M_{Rd}$ : Momentos de agotamiento.

$N_{Rd}$  : 147.68 kN

$M_{Rd,x}$  : -997.52 kN·m

$M_{Rd,y}$  : -10.09 kN·m

Donde:

$$N_{ed} = N_d$$

$$M_{ed} = N_d \cdot e_e$$

Siendo:

$e_e$ : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo 42.2.1.

$e_{e,x}$  : -68.35 mm

$e_{e,y}$  : -6754.54 mm

En este caso, las excentricidades  $e_{0,x}$  y  $e_{0,y}$  son superiores a la mínima.

$$e_{e,x} = e_{0,x}$$

$$e_{e,y} = e_{0,y}$$

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{\min} = h/20 \leq 2 \text{ cm}$$

$$e_{\min} : \underline{40.00} \text{ mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{800.00} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{-6754.54} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{-977.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{144.67} \text{ kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{\min} = h/20 \leq 2 \text{ cm}$$

$$e_{\min} : \underline{27.50} \text{ mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{550.00} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{-68.35} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{-9.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{144.67} \text{ kN}$$

**Comprobación del estado límite de inestabilidad**

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{\text{inf}}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{98.73}$$

Donde:

**l<sub>0</sub>:** Longitud de pandeo.

$$l_0 : \underline{22.800} \text{ m}$$

**i<sub>c</sub>:** Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{23.09} \text{ cm}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{4400.00} \text{ cm}^2$$

**I:** Inercia.

$$I : \underline{2346666.67} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{\text{inf}} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \nlessgtr 100$$

$$\lambda_{\text{inf}} : \underline{100.00}$$

Donde:

<b>e<sub>2</sub></b> : Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.	<b>e<sub>2</sub></b> :	<u>40.00</u>	mm
<b>e<sub>1</sub></b> : En estructuras traslacionales es igual a e <sub>2</sub> .	<b>e<sub>1</sub></b> :	<u>40.00</u>	mm
<b>h</b> : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.	<b>h</b> :	<u>800.00</u>	mm
<b>C</b> : Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.	<b>C</b> :	<u>0.22</u>	
<b>v</b> : Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.	<b>v</b> :	<u>0.02</u>	

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

<b>N<sub>d</sub></b> : Esfuerzo normal de cálculo.	<b>N<sub>d</sub></b> :	<u>144.67</u>	kN
<b>f<sub>cd</sub></b> : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	<b>f<sub>cd</sub></b> :	<u>16.67</u>	MPa
<b>A<sub>c</sub></b> : Área total de la sección de hormigón.	<b>A<sub>c</sub></b> :	<u>4400.00</u>	cm <sup>2</sup>

### En el eje y:

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{75.58}$$

Donde:

<b>l<sub>0</sub></b> : Longitud de pandeo.	<b>l<sub>0</sub></b> :	<u>12.000</u>	m
<b>i<sub>c</sub></b> : Radio de giro de la sección de hormigón.	<b>i<sub>c</sub></b> :	<u>15.88</u>	cm
<b>A<sub>c</sub></b> : Área total de la sección de hormigón.	<b>A<sub>c</sub></b> :	<u>4400.00</u>	cm <sup>2</sup>
<b>I</b> : Inercia.	<b>I</b> :	<u>1109166.67</u>	cm <sup>4</sup>

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

$$\lambda_{inf} : \underline{100.00}$$

Donde:

<b>e<sub>2</sub></b> : Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.	<b>e<sub>2</sub></b> :	<u>27.50</u>	mm
<b>e<sub>1</sub></b> : En estructuras traslacionales es igual a e <sub>2</sub> .	<b>e<sub>1</sub></b> :	<u>27.50</u>	mm
<b>h</b> : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.	<b>h</b> :	<u>550.00</u>	mm
<b>C</b> : Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.	<b>C</b> :	<u>0.19</u>	
<b>v</b> : Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.	<b>v</b> :	<u>0.02</u>	

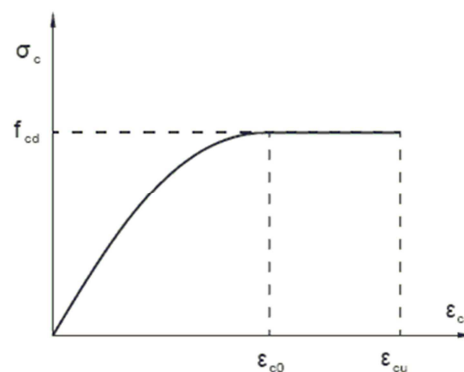
$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

<b>N<sub>d</sub></b> : Esfuerzo normal de cálculo.	<b>N<sub>d</sub></b> :	<u>144.67</u>	kN
<b>f<sub>cd</sub></b> : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	<b>f<sub>cd</sub></b> :	<u>16.67</u>	MPa
<b>A<sub>c</sub></b> : Área total de la sección de hormigón.	<b>A<sub>c</sub></b> :	<u>4400.00</u>	cm <sup>2</sup>

**Cálculo de la capacidad resistente**

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- (a) El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- (b) Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- (c) Las deformaciones  $\varepsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- (d) Diagramas de cálculo.
  - (i) El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$\varepsilon_{c0}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$$\varepsilon_{c0} : \underline{0.0020}$$

$\varepsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\varepsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

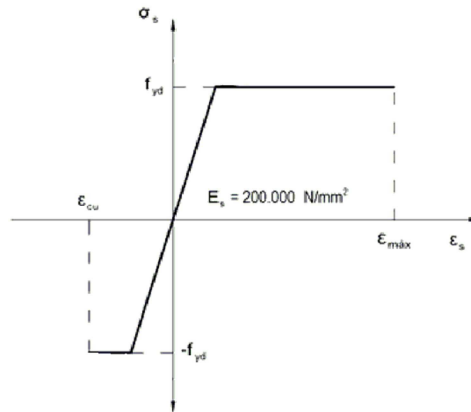
$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

- (ii) Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



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

$f_{vd} : 434.78 \text{ MPa}$

$\epsilon_{max}$ : Deformación máxima del acero en tracción.

$\epsilon_{max} : 0.0100$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$\epsilon_{cu} : 0.0035$

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{vd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$f_{yk}$ : Resistencia característica de proyecto

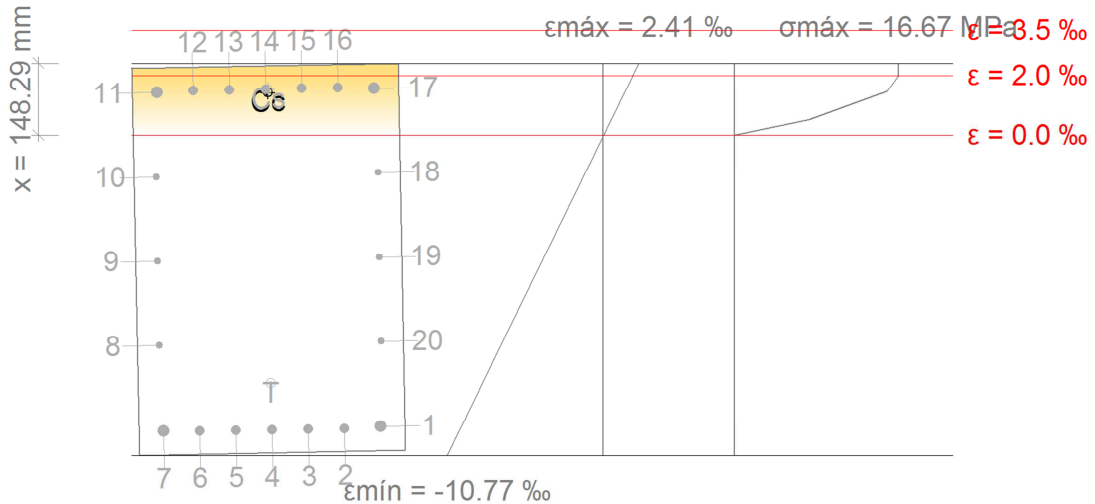
$f_{yk} : 500.00 \text{ MPa}$

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad.

$\gamma_s : 1.15$

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø25	-224.50	349.50	-434.78	-0.009791
2	Ø20	-149.67	352.00	-434.78	-0.009855
3	Ø20	-74.83	352.00	-434.78	-0.009879
4	Ø20	0.00	352.00	-434.78	-0.009903
5	Ø20	74.83	352.00	-434.78	-0.009926
6	Ø20	149.67	352.00	-434.78	-0.009950
7	Ø25	224.50	349.50	-434.78	-0.009933

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
8	Ø16	229.00	174.75	-434.78	-0.007093
9	Ø16	229.00	0.00	-434.78	-0.004252
10	Ø16	229.00	-174.75	-282.13	-0.001411
11	Ø25	224.50	-349.50	+286.42	+0.001432
12	Ø20	149.67	-352.00	+299.29	+0.001496
13	Ø20	74.83	-352.00	+304.04	+0.001520
14	Ø20	0.00	-352.00	+308.78	+0.001544
15	Ø20	-74.83	-352.00	+313.52	+0.001568
16	Ø20	-149.67	-352.00	+318.27	+0.001591
17	Ø25	-224.50	-349.50	+314.88	+0.001574
18	Ø16	-229.00	-174.75	-253.09	-0.001265
19	Ø16	-229.00	0.00	-434.78	-0.004107
20	Ø16	-229.00	174.75	-434.78	-0.006948

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C <sub>c</sub>	934.57	-4.82	-344.85
C <sub>s</sub>	780.20	-5.45	-351.05
T	1567.09	0.85	256.10

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{147.68} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{-997.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{-10.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{934.57} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{780.20} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{1567.09} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{-4.82} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-344.85} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{-5.45} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-351.05} \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.85} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{256.10} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0024}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0100}$$

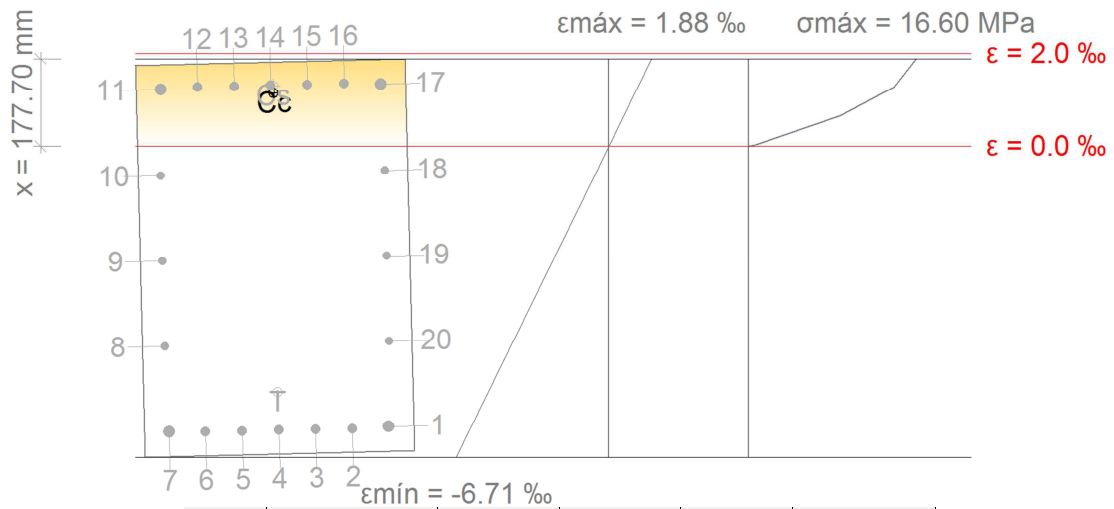
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

## Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø25	-224.50	349.50	-434.78	-0.006049
2	Ø20	-149.67	352.00	-434.78	-0.006095
3	Ø20	-74.83	352.00	-434.78	-0.006113
4	Ø20	0.00	352.00	-434.78	-0.006132
5	Ø20	74.83	352.00	-434.78	-0.006151
6	Ø20	149.67	352.00	-434.78	-0.006170
7	Ø25	224.50	349.50	-434.78	-0.006162
8	Ø16	229.00	174.75	-434.78	-0.004318
9	Ø16	229.00	0.00	-434.78	-0.002473
10	Ø16	229.00	-174.75	-125.65	-0.000628
11	Ø25	224.50	-349.50	+243.59	+0.001218
12	Ø20	149.67	-352.00	+252.63	+0.001263
13	Ø20	74.83	-352.00	+256.40	+0.001282
14	Ø20	0.00	-352.00	+260.16	+0.001301
15	Ø20	-74.83	-352.00	+263.93	+0.001320
16	Ø20	-149.67	-352.00	+267.69	+0.001338
17	Ø25	-224.50	-349.50	+266.18	+0.001331
18	Ø16	-229.00	-174.75	-102.61	-0.000513
19	Ø16	-229.00	0.00	-434.78	-0.002358
20	Ø16	-229.00	174.75	-434.78	-0.004203

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	991.14	-5.50	-336.72
Cs	658.90	-5.12	-351.05
T	1505.37	0.70	273.76

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{ed} : 144.67 \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{ed,x} : -977.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : \underline{\underline{-9.89}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

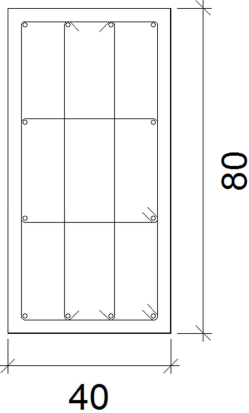
<b>C<sub>c</sub></b> : Resultante de compresiones en el hormigón.	<b>C<sub>c</sub></b> : <u>991.14</u> kN
<b>C<sub>s</sub></b> : Resultante de compresiones en el acero.	<b>C<sub>s</sub></b> : <u>658.90</u> kN
<b>T</b> : Resultante de tracciones en el acero.	<b>T</b> : <u>1505.37</u> kN
<b>e<sub>cc</sub></b> : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>cc,x</sub></b> : <u>-5.50</u> mm
	<b>e<sub>cc,y</sub></b> : <u>-336.72</u> mm
<b>e<sub>cs</sub></b> : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>cs,x</sub></b> : <u>-5.12</u> mm
	<b>e<sub>cs,y</sub></b> : <u>-351.05</u> mm
<b>e<sub>T</sub></b> : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>T,x</sub></b> : <u>0.70</u> mm
	<b>e<sub>T,y</sub></b> : <u>273.76</u> mm
<b>ε<sub>cmax</sub></b> : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	<b>ε<sub>cmax</sub></b> : <u>0.0019</u>
<b>ε<sub>smax</sub></b> : Deformación de la barra de acero más traccionada.	<b>ε<sub>smax</sub></b> : <u>0.0062</u>
<b>σ<sub>cmax</sub></b> : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	<b>σ<sub>cmax</sub></b> : <u>16.60</u> MPa
<b>σ<sub>smax</sub></b> : Tensión de la barra de acero más traccionada.	<b>σ<sub>smax</sub></b> : <u>434.78</u> MPa



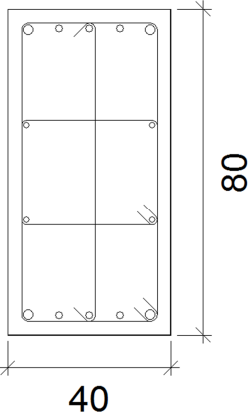
## 6.2.4.2.2. Pilares P2 y P5

## Pilar P5

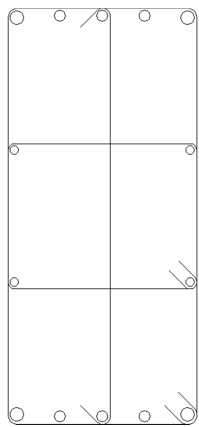
## NIVEL 1 (7 - 12 M)

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 40x80 cm
	Tramo : 0.000/12.000 m
	Altura libre : 12.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 0.00 m
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø12	Estribos : 2eØ6+Y2rØ6 Separación : 15 - 10 cm
Cara X : 4Ø12	
Cara Y : 4Ø12	
Cuantía : 0.42 %	

## NIVEL 1 (0 - 7 M)

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 40x80 cm
	Tramo : 0.000/12.000 m
	Altura libre : 12.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 0.00 m
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø25	Estribos : 2eØ8+Y1rØ8 Separación : 6 - 20 cm
Cara X : 6Ø20	
Cara Y : 4Ø16	
Cuantía : 1.45 %	

## NIVEL 0

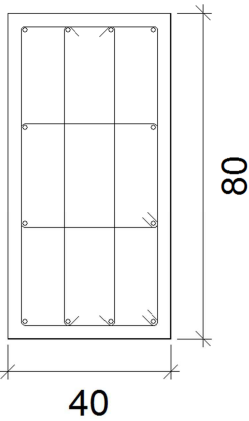
Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 40x80 cm
	Tramo : -1.150/0.000 m
	Altura libre : 0.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 0.00 m
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø25	Estribos : 2eØ8+Y1rØ8
Cara X : 6Ø20	
Cara Y : 4Ø16	
Cuantía : 1.45 %	

Se han realizado las mismas comprobaciones de estados límite que en el apartado anterior para el dimensionado de estos elementos cumpliéndose todas ellas. Los resultados obtenidos aparecen de forma resumida en el Apartado 6.2.4.3. "Resumen comprobaciones E.L.U. y E.L.S".

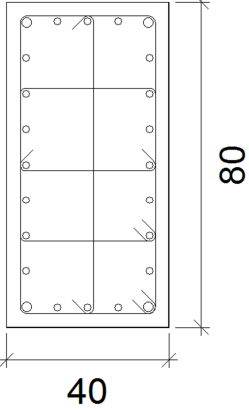
## 6.2.4.2.3. Pilares P1 y P6

## Pilar P6

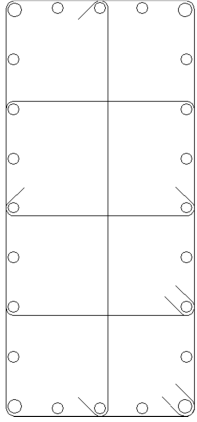
## NIVEL 1 (7 - 12 M)

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 40x80 cm
	Tramo : 0.000/12.000 m
	Altura libre : 12.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 0.00 m
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø12	Estribos : 2eØ6+Y2rØ6 Separación : 15 - 10 cm
Cara X : 4Ø12	
Cara Y : 4Ø12	
Cuantía : 0.42 %	

**NIVEL 1 (0 - 7 M)**

<b>Datos del pilar</b>	
	Geometría
	Dimensiones : 40x80 cm
	Tramo : 0.000/12.000 m
	Altura libre : 12.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$ Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZX : 0.00 m Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø25 Cara X : 6Ø20 Cara Y : 14Ø20 Cuantía : 2.58 %	Estribos : 2eØ8+X1rØ8+Y1rØ8 Separación : 6 - 30 cm

**NIVEL 0**

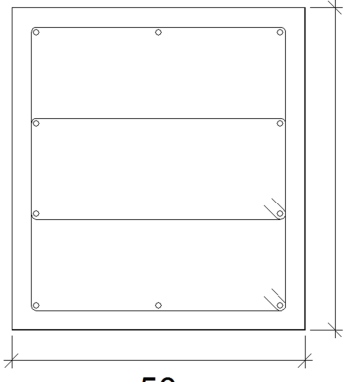
<b>Datos del pilar</b>	
	Geometría
	Dimensiones : 40x80 cm
	Tramo : -1.250/0.000 m
	Altura libre : 0.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$ Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZX : 0.00 m Plano ZY : 22.80 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø25 Cara X : 6Ø20 Cara Y : 14Ø20 Cuantía : 2.58 %	Estribos : 2eØ8+X1rØ8+Y1rØ8

Se han realizado las mismas comprobaciones de estados límite que en el primer apartado para el dimensionado de estos elementos cumpliéndose todas ellas. Los resultados obtenidos aparecen de forma resumida en el Apartado 6.2.4.3. "Resumen comprobaciones E.L.U. y E.L.S".

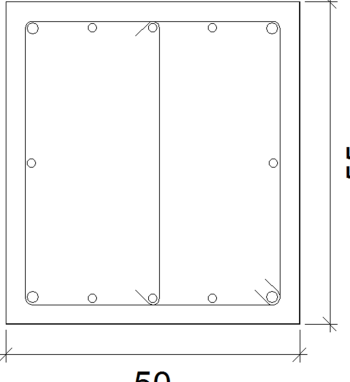
## 6.2.4.2.4. Pilares P7 y P8

## Pilar P8

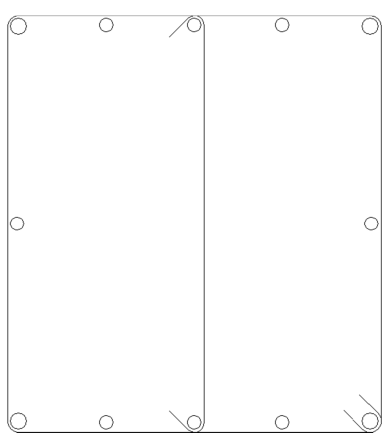
## NIVEL 1 (7 - 12 M)

Datos del pilar		
 <p>55</p> <p>50</p>	Geometría	
	Dimensiones : 50x55 cm	
	Tramo : 0.000/12.000 m	
	Altura libre : 12.00 m	
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 12.00 m
	Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 12.00 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø12	Estribos : 2eØ6 Separación : 15 - 10 cm	
Cara X : 2Ø12		
Cara Y : 4Ø12		
Cuantía : 0.41 %		

## NIVEL 1 (0 - 7 M)

Datos del pilar		
 <p>55</p> <p>50</p>	Geometría	
	Dimensiones : 50x55 cm	
	Tramo : 0.000/12.000 m	
	Altura libre : 12.00 m	
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 12.00 m
	Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 12.00 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø20	Estribos : 1eØ6+Y1rØ6 Separación : 6 - 20 cm	
Cara X : 6Ø16		
Cara Y : 2Ø16		
Cuantía : 1.04 %		

## NIVEL 0

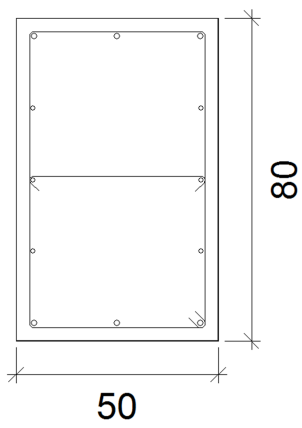
Datos del pilar		
	Geometría	
	Dimensiones : 50x55 cm	
	Tramo : -0.650/0.000 m	
	Altura libre : 0.00 m	
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 12.00 m
	Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 12.00 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø20	Estribos : 1eØ6+Y1rØ6	
Cara X : 6Ø16		
Cara Y : 2Ø16		
Cuantía : 1.04 %		

Se han realizado las mismas comprobaciones de estados límite que en el primer apartado para el dimensionado de estos elementos cumpliéndose todas ellas. Los resultados obtenidos aparecen de forma resumida en el Apartado 6.2.4.3. "Resumen comprobaciones E.L.U. y E.L.S".

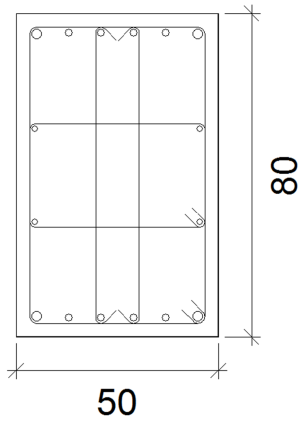
## 6.2.4.2.5. Pilares P9, P10, P11, P12 y P13

## Pilar P11

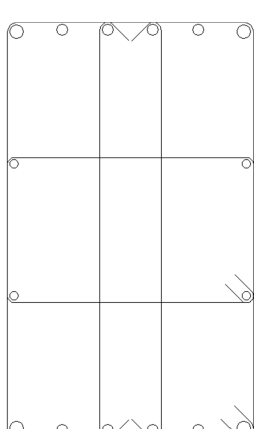
## NIVEL 1 (7 - 12 M)

Datos del pilar		
	Geometría	
	Dimensiones : 50x80 cm	
	Tramo : 0.000/12.000 m	
	Altura libre : 12.00 m	
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 0.00 m
	Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 21.60 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø16	Estribos : 1eØ6+X1rØ6 Separación : 15 - 10 cm	
Cara X : 2Ø16		
Cara Y : 6Ø12		
Cuantía : 0.47 %		

**NIVEL 1 (0 - 7 M)**

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 50x80 cm
	Tramo : 0.000/12.000 m
	Altura libre : 12.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Longitud de pandeo
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZX : 0.00 m
Armadura longitudinal	Plano ZY : 21.60 m
Esquina : 4Ø25	Armadura transversal
Cara X : 8Ø20	Estribos : 2eØ8+Y2rØ8
Cara Y : 4Ø16	Separación : 6 - 20 cm
Cuantía : 1.32 %	

**NIVEL 0**

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 50x80 cm
	Tramo : -1.250/0.000 m
	Altura libre : 0.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Longitud de pandeo
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZX : 0.00 m
Armadura longitudinal	Plano ZY : 21.60 m
Esquina : 4Ø25	Armadura transversal
Cara X : 8Ø20	Estribos : 2eØ8+Y2rØ8
Cara Y : 4Ø16	
Cuantía : 1.32 %	

Se han realizado las mismas comprobaciones de estados límite que en el primer apartado para el dimensionado de estos elementos cumpliéndose todas ellas. Los resultados obtenidos aparecen de forma resumida en el Apartado 6.2.4.3. "Resumen comprobaciones E.L.U. y E.L.S".

## 6.2.4.3. Resumen comprobaciones E.L.U. y E.L.S

## Pilar P1

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN-m)	Myy (kN-m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	40x80	Cabeza	Cumple	Cumple	4.5	9.1	9.1	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	40.5	11.1	-8.6	-6.3	1.4	Cumple
		1150 cm	Cumple	Cumple	10.0	11.7	11.7	G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-15.5	9.6	-5.8	-4.2	-0.6	Cumple
			Cumple	Cumple	10.0	11.7	11.7	G, V <sup>(3)</sup>	Q	-9.1	5.2	-9.0	-4.2	-11.0	Cumple
		700 cm	Cumple	Cumple	62.0	84.8	84.8	G, V <sup>(4)</sup>	N,M	4.4	3.5	12.6	6.0	-6.0	Cumple
Nivel 1 (0 - 700 cm)	40x80	60 cm	Cumple	Cumple	94.9	93.7	94.9	G, V <sup>(3)</sup>	Q	87.1	-999.7	-56.5	-4.2	-167.7	Cumple
			Cumple	Cumple	94.9	93.7	94.9	G, V <sup>(5)</sup>	N,M	105.4	-990.4	-74.0	-5.5	-167.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	94.9	93.7	94.9	G, V <sup>(3)</sup>	Q	87.1	-999.7	-56.5	-4.2	-167.7	Cumple
			Cumple	Cumple	94.9	93.7	94.9	G, V <sup>(5)</sup>	N,M	105.4	-990.4	-74.0	-5.5	-167.1	Cumple
Nivel 0	40x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	13.4	93.7	93.7	G, V <sup>(3)</sup>	Q	87.1	-999.7	-56.5	-4.2	-167.7	Cumple
								G, V <sup>(5)</sup>	N,M	105.4	-990.4	-74.0	-5.5	-167.1	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(3)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$   
<sup>(4)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$   
<sup>(5)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$

## Pilar P2

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN-m)	Myy (kN-m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	40x80	Cabeza	Cumple	Cumple	18.3	38.9	38.9	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q,N,M	36.5	93.2	-8.6	-3.4	21.8	Cumple
		1150 cm	Cumple	Cumple	11.1	44.0	44.0	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q,N,M	45.1	106.2	-11.2	-3.4	13.0	Cumple
			Cumple	Cumple	7.9	46.3	46.3	G, V, N <sup>(3)</sup>	Q	36.1	-4.6	-1.2	-0.3	9.4	Cumple
		1050 cm	Cumple	Cumple	7.9	46.3	46.3	G, V, N <sup>(4)</sup>	N,M	47.1	111.0	-13.7	-3.4	4.0	
Nivel 1 (0 - 700 cm)	40x80	60 cm	Cumple	Cumple	78.5	79.9	79.9	G, V <sup>(5)</sup>	Q,N,M	115.1	-578.8	-36.7	-2.5	-124.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	78.5	79.9	79.9	G, V <sup>(5)</sup>	Q,N,M	115.1	-578.8	-36.7	-2.5	-124.1	Cumple
Nivel 0	40x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.7	79.9	79.9	G, V <sup>(5)</sup>	Q,N,M	115.1	-578.8	-36.7	-2.5	-124.1	Cumple

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$   
<sup>(3)</sup>  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(270^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI)$   
<sup>(4)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$   
<sup>(5)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$

## Pilar P3

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	55x80	Cabeza	Cumple	Cumple	8.3	10.2	10.2	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	2.2	5.5	-18.7	-13.8	-3.4	Cumple
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-5.5	3.7	-18.2	-12.9	-3.9	
		1150 cm	Cumple	Cumple	11.0	14.2	14.2	G, V, N <sup>(4)</sup>	Q,N,M	8.5	-0.7	-29.2	-13.8	-11.9	Cumple
		700 cm	Cumple	Cumple	39.7	62.7	62.7	G, V <sup>(5)</sup>	Q	46.1	-176.5	-66.5	-9.8	-63.2	
							G, V <sup>(3)</sup>	N,M	54.9	-170.9	-85.7	-12.9	-62.6		
Nivel 1 (0 - 700 cm)	55x80	60 cm	Cumple	Cumple	66.4	93.9	93.9	G, V <sup>(5)</sup>	Q	123.7	-857.7	-132.8	-9.8	-138.6	Cumple
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	132.5	-847.7	-172.5	-12.9	-138.0	
		Pie	Cumple	Cumple	66.4	93.9	93.9	G, V <sup>(5)</sup>	Q	123.7	-857.7	-132.8	-9.8	-138.6	Cumple
									G, V <sup>(3)</sup>	N,M	132.5	-847.7	-172.5	-12.9	
Nivel 0	55x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	7.4	90.9	90.9	G, V <sup>(5)</sup>	Q	123.7	-857.7	-132.8	-9.8	-138.6	Cumple
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	132.5	-847.7	-172.5	-12.9	-138.0	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(3)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$   
<sup>(4)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(5)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$

## Pilar P4

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	55x80	Cabeza	Cumple	Cumple	8.3	10.3	10.3	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	2.2	-5.5	-18.7	-13.8	3.4	Cumple
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-5.6	-3.8	-18.2	-12.9	3.9	
		1150 cm	Cumple	Cumple	11.0	14.2	14.2	G, V, N <sup>(4)</sup>	Q,N,M	8.5	0.7	-29.2	-13.7	11.9	Cumple
		700 cm	Cumple	Cumple	44.3	66.5	66.5	G, V, N <sup>(5)</sup>	Q,N,M	61.1	-208.0	-6.9	-1.1	-72.0	
Nivel 1 (0 - 700 cm)	55x80	60 cm	Cumple	Cumple	73.5	99.6	99.6	G, V <sup>(6)</sup>	Q	133.3	-967.7	-2.5	-0.2	-154.6	Cumple
								G, V, N <sup>(7)</sup>	N,M	144.7	-977.2	-9.9	-0.8	-155.2	
		Pie	Cumple	Cumple	73.5	99.6	99.6	G, V <sup>(6)</sup>	Q	133.3	-967.7	-2.5	-0.2	-154.6	Cumple
									G, V, N <sup>(7)</sup>	N,M	144.7	-977.2	-9.9	-0.8	
Nivel 0	55x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.2	98.0	98.0	G, V, N <sup>(8)</sup>	Q	195.3	-978.3	-10.5	-0.9	-155.3	Cumple
								G, V, N <sup>(7)</sup>	N,M	144.7	-977.2	-9.9	-0.8	-155.2	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(3)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$   
<sup>(4)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(5)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(6)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$   
<sup>(7)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$   
<sup>(8)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$



## Pilar P5

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	40x80	Cabeza	Cumple	Cumple	18.3	38.9	38.9	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q,N,M	36.5	-93.2	-8.6	-3.4	-21.8	Cumple
		1150 cm	Cumple	Cumple	11.1	44.0	44.0	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q,N,M	45.2	-106.2	-11.2	-3.4	-13.0	Cumple
		700 cm	Cumple	Cumple	46.5	25.8	46.5	G, V, N <sup>(3)</sup>	Q	39.2	-54.6	-1.6	-0.2	-55.8	Cumple
Nivel 1 (0 - 700 cm)	40x80	60 cm	Cumple	Cumple	90.6	97.2	97.2	G, V, N <sup>(3)</sup>	Q,N,M	97.1	-719.2	-3.0	-0.2	-141.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	90.6	97.2	97.2	G, V, N <sup>(3)</sup>	Q,N,M	97.1	-719.2	-3.0	-0.2	-141.1	Cumple
Nivel 0	40x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	10.0	97.2	97.2	G, V, N <sup>(5)</sup>	Q	135.3	-724.7	-3.2	-0.2	-141.5	Cumple
								G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	97.1	-719.2	-3.0	-0.2	-141.1	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$   
<sup>(3)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$   
<sup>(4)</sup>  $PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$   
<sup>(5)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$

## Pilar P6

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	40x80	Cabeza	Cumple	Cumple	4.5	9.1	9.1	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	40.5	-11.1	-8.6	-6.3	-1.4	Cumple
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-15.5	-9.6	-5.8	-4.2	0.5	
		1150 cm	Cumple	Cumple	11.3	11.7	11.7	G, V, N <sup>(4)</sup>	Q	14.7	-2.0	-0.9	-0.4	-13.3	Cumple
								G, V <sup>(5)</sup>	N,M	4.4	-3.5	12.6	6.0	6.0	
700 cm	Cumple	Cumple	62.0	84.8	84.8	G, V <sup>(3)</sup>	Q,N,M	29.4	185.2	-28.0	-4.2	73.7	Cumple		
Nivel 1 (0 - 700 cm)	40x80	60 cm	Cumple	Cumple	94.9	98.8	98.8	G, V <sup>(3)</sup>	Q	87.1	999.7	-56.5	-4.2	167.7	Cumple
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	154.8	982.9	-79.0	-5.9	166.7	
		Pie	Cumple	Cumple	94.9	98.8	98.8	G, V <sup>(3)</sup>	Q	87.1	999.7	-56.5	-4.2	167.7	Cumple
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	154.8	982.9	-79.0	-5.9	166.7	
Nivel 0	40x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	13.4	98.8	98.8	G, V <sup>(3)</sup>	Q	87.1	999.7	-56.5	-4.2	167.7	Cumple
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	154.8	982.9	-79.0	-5.9	166.7	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(3)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$   
<sup>(4)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$   
<sup>(5)</sup>  $PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$   
<sup>(6)</sup>  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$

## Pilar P8

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x55	Cabeza	Cumple	Cumple	33.3	21.8	33.3	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	-19.4	-7.6	1.3	2.0	-34.9	Cumple
			G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-18.2	16.6	-16.6	-29.7	-3.0						
		1150 cm	Cumple	Cumple	28.6	34.0	34.0	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	-14.9	-27.0	2.2	1.0	-30.1	Cumple
			G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-13.7	14.4	-33.1	-25.3	-4.2						
		780 cm	Cumple	Cumple	13.2	69.0	69.0	G, V, N <sup>(4)</sup>	Q	38.6	30.8	-38.9	0.5	14.6	Cumple
			G, V <sup>(3)</sup>	N,M	13.2	-13.8	-77.2	0.8	-11.5						
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x55	60 cm	Cumple	Cumple	51.4	86.5	86.5	G, V, N <sup>(5)</sup>	Q,N,M	100.7	-270.4	44.8	20.4	-65.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	54.6	99.3	99.3	G, V, N <sup>(5)</sup>	Q,N,M	105.0	-310.7	57.5	22.1	-69.3	Cumple
Nivel 0	50x55	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	6.5	99.3	99.3	G, V, N <sup>(6)</sup>	Q	136.6	-311.0	57.5	22.1	-69.3	Cumple
			G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	105.0	-310.7	57.5	22.1	-69.3						

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(270^\circ)H1+0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(3)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(180^\circ)H1$   
<sup>(4)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(0^\circ)H3+0.75 \cdot N(R)2$   
<sup>(5)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(180^\circ)H4+0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(6)</sup>  $1.35 \cdot PP+1.5 \cdot V(180^\circ)H4+0.75 \cdot N(R)1$

## Pilar P9

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x55	Cabeza	Cumple	Cumple	33.3	22.0	33.3	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	-19.4	-7.6	-0.8	-2.1	-34.8	Cumple
			G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-18.2	16.5	17.0	29.7	-3.0						
		1150 cm	Cumple	Cumple	28.6	34.4	34.4	G, V, N <sup>(2)</sup>	Q	-14.9	-27.1	-1.7	-1.0	-30.1	Cumple
			G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-13.7	14.4	33.5	25.3	-4.2						
		780 cm	Cumple	Cumple	13.2	69.1	69.1	G, V, N <sup>(4)</sup>	Q	38.6	30.8	38.8	-0.5	14.6	Cumple
			G, V <sup>(3)</sup>	N,M	13.2	-13.8	77.4	-0.9	-11.5						
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x55	60 cm	Cumple	Cumple	51.4	86.5	86.5	G, V, N <sup>(5)</sup>	Q,N,M	100.7	-270.4	-44.7	-20.4	-65.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	54.6	99.3	99.3	G, V, N <sup>(5)</sup>	Q,N,M	105.0	-310.7	-57.4	-22.0	-69.3	Cumple
Nivel 0	50x55	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	6.5	99.3	99.3	G, V, N <sup>(6)</sup>	Q	136.6	-311.0	-57.4	-22.0	-69.3	Cumple
			G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	105.0	-310.7	-57.4	-22.0	-69.3						

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(90^\circ)H1+0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(3)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(180^\circ)H1$   
<sup>(4)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(0^\circ)H3+0.75 \cdot N(R)2$   
<sup>(5)</sup>  $PP+1.5 \cdot V(180^\circ)H4+0.75 \cdot N(R)1$   
<sup>(6)</sup>  $1.35 \cdot PP+1.5 \cdot V(180^\circ)H4+0.75 \cdot N(R)1$

## Pilar P9

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x80	Cabeza	Cumple	Cumple	60.0	99.1	99.1	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-81.1	139.2	3.5	7.4	-80.2	Cumple
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-97.7	257.6	-0.8	-0.4	-53.6	
	1150 cm	Cumple	Cumple	60.0	99.1	99.1	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-81.1	139.2	3.5	7.4	-80.2	Cumple	
								G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-97.7	257.6	-0.8	-0.4		-53.6
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x80	60 cm	Cumple	Cumple	71.3	86.1	86.1	G, V <sup>(4)</sup>	Q	122.1	-586.9	-1.7	-0.1	-135.1	Cumple
								G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	250.1	639.0	-2.3	-0.2	78.9	
	Pie	Cumple	Cumple	75.4	92.2	92.2	G, V <sup>(4)</sup>	Q	128.0	-670.5	-1.8	-0.1	-143.6	Cumple	
								G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	258.0	686.4	-2.4	-0.2		79.2
Nivel 0	50x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.7	92.2	92.2	G, V <sup>(4)</sup>	Q	128.0	-670.5	-1.8	-0.1	-143.6	Cumple
								G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	258.0	686.4	-2.4	-0.2	79.2	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> PP+1.5·V(90°)H1  
<sup>(3)</sup> PP+1.5·V(180°)H1  
<sup>(4)</sup> PP+1.5·V(180°)H2  
<sup>(5)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI)

## Pilar P10

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x80	Cabeza	Cumple	Cumple	53.7	99.5	99.5	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-73.0	128.5	3.7	7.4	-72.3	Cumple
								G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	125.4	-333.9	0.0	-0.1	74.1	
	1150 cm	Cumple	Cumple	53.7	99.5	99.5	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-73.0	128.5	3.7	7.4	-72.3	Cumple	
								G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	125.4	-333.9	0.0	-0.1		74.1
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x80	60 cm	Cumple	Cumple	72.0	91.5	91.5	G, V <sup>(4)</sup>	Q	127.6	-619.6	-0.9	-0.1	-137.1	Cumple
								G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	255.2	681.4	-1.1	-0.1	84.3	
	Pie	Cumple	Cumple	76.2	98.4	98.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	133.4	-704.4	-0.9	-0.1	-145.6	Cumple	
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	225.2	750.3	-2.0	-0.2		104.3
Nivel 0	50x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.8	98.4	98.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	133.4	-704.4	-0.9	-0.1	-145.6	Cumple
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	225.2	750.3	-2.0	-0.2	104.3	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> PP+1.5·V(90°)H1  
<sup>(3)</sup> 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI)  
<sup>(4)</sup> PP+1.5·V(180°)H2  
<sup>(5)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI)  
<sup>(6)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI)

## Pilar P11

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x80	Cabeza	Cumple	Cumple	52.1	99.5	99.5	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-69.8	120.9	3.7	7.4	-70.3	Cumple
			G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	125.4	-334.0	0.0	0.0	74.1						
		1150 cm	Cumple	Cumple	52.1	99.5	99.5	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-69.8	120.9	3.7	7.4	-70.3	Cumple
			G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	125.4	-334.0	0.0	0.0	74.1						
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x80	60 cm	Cumple	Cumple	72.0	91.4	91.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	128.1	-620.7	0.0	0.0	-137.1	Cumple
			G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	255.2	681.6	-0.1	0.0	84.3						
		Pie	Cumple	Cumple	76.2	98.4	98.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	134.0	-705.5	0.0	0.0	-145.6	Cumple
			G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	225.3	750.4	-0.1	0.0	104.3						
Nivel 0	50x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.8	98.4	98.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	134.0	-705.5	0.0	0.0	-145.6	Cumple
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	225.3	750.4	-0.1	0.0	104.3	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> PP+1.5·V(90°)H1  
<sup>(3)</sup> 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI)  
<sup>(4)</sup> PP+1.5·V(180°)H2  
<sup>(5)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI)  
<sup>(6)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI)

## Pilar P12

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x80	Cabeza	Cumple	Cumple	53.7	99.5	99.5	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-73.0	128.5	-3.7	-7.4	-72.3	Cumple
			G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	125.4	-333.9	0.0	0.1	74.1						
		1150 cm	Cumple	Cumple	53.7	99.5	99.5	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-73.0	128.5	-3.7	-7.4	-72.3	Cumple
			G, V, N <sup>(3)</sup>	N,M	125.4	-333.9	0.0	0.1	74.1						
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x80	60 cm	Cumple	Cumple	72.0	91.5	91.5	G, V <sup>(4)</sup>	Q	127.6	-619.6	0.9	0.1	-137.1	Cumple
			G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	255.2	681.4	1.0	0.1	84.3						
		Pie	Cumple	Cumple	76.2	98.4	98.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	133.4	-704.4	0.9	0.1	-145.6	Cumple
			G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	225.2	750.3	1.9	0.2	104.3						
Nivel 0	50x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.8	98.4	98.4	G, V <sup>(4)</sup>	Q	133.4	-704.4	0.9	0.1	-145.6	Cumple
								G, V, N <sup>(6)</sup>	N,M	225.2	750.3	1.9	0.2	104.3	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> PP+1.5·V(270°)H1  
<sup>(3)</sup> 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI)  
<sup>(4)</sup> PP+1.5·V(180°)H2  
<sup>(5)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI)  
<sup>(6)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI)

## Pilar P13

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Nivel 1 (700 - 1200 cm)	50x80	Cabeza	Cumple	Cumple	60.0	99.1	99.1	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-81.1	139.2	-3.5	-7.4	-80.2	Cumple
			Cumple	Cumple	60.0	99.1	99.1	G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-97.7	257.6	0.8	0.4	-53.6	
		1150 cm	Cumple	Cumple	60.0	99.1	99.1	G, V <sup>(2)</sup>	Q	-81.1	139.2	-3.5	-7.4	-80.2	Cumple
			Cumple	Cumple	60.0	99.1	99.1	G, V <sup>(3)</sup>	N,M	-97.7	257.6	0.8	0.4	-53.6	
Nivel 1 (0 - 700 cm)	50x80	60 cm	Cumple	Cumple	71.3	86.1	86.1	G, V <sup>(4)</sup>	Q	122.1	-586.9	1.8	0.1	-135.1	Cumple
			Cumple	Cumple	71.3	86.1	86.1	G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	250.1	638.9	2.1	0.2	78.9	
		Pie	Cumple	Cumple	75.4	92.2	92.2	G, V <sup>(4)</sup>	Q	128.0	-670.5	1.8	0.1	-143.6	Cumple
			Cumple	Cumple	75.4	92.2	92.2	G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	258.0	686.4	2.2	0.2	79.2	
Nivel 0	50x80	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.7	92.2	92.2	G, V <sup>(4)</sup>	Q	128.0	-670.5	1.8	0.1	-143.6	Cumple
			N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	8.7	92.2	92.2	G, V, N <sup>(5)</sup>	N,M	258.0	686.4	2.2	0.2	79.2	

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> PP+1.5·V(270°)H1  
<sup>(3)</sup> PP+1.5·V(180°)H1  
<sup>(4)</sup> PP+1.5·V(180°)H2  
<sup>(5)</sup> 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI)

## 7. Uniones

Tras el dimensionamiento y cálculo de los diversos elementos de la estructura completa, se realizará la definición y cálculo de las de las uniones entre elementos, analizando todos los que acometen en cada uno de los nudos de la estructura y seleccionando la tipología de la unión a dimensionar entre soldada o atornillada.

Las uniones entre los diferentes elementos se resolverán, principalmente mediante uniones atornilladas y soldadura en taller, facilitando así el montaje en obra atendiendo a lo establecido en el apartado 8 “*Uniones*”, del CTE DB SE-A.

La unión entre los pilares metálicos y la estructura de hormigón, así como la unión de los mismos con la cimentación, se realizará por medio de placas de anclaje.

### I. Especificaciones para uniones soldadas

#### Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

#### Materiales:

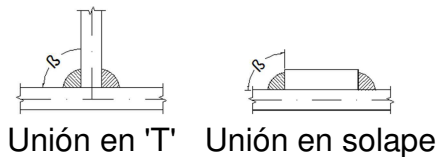
- Perfiles (Material base): S275 y HA-25,  $Y_c=1.5$ .
- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

#### Disposiciones constructivas:

- 1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- 2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- 3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- 4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando

las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.

- 5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo  $\beta$  deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:
- Si se cumple que  $\beta > 120$  (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
  - Si se cumple que  $\beta < 60$  (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.



#### Comprobaciones:

- a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:  
En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.
- b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:  
Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).
- c) Cordones de soldadura en ángulo:  
Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.  
Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

$$\text{Tensión de Von Mises } \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\text{Tensión normal } \sigma_{\perp} \leq K \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde  $K = 1$ .

Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos

de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

## II. Especificaciones para uniones atornilladas

### Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.5. Resistencia de los medios de unión. Uniones atornilladas.

### Materiales:

- Perfiles (Material base): S275 y HA-25,  $Y_c=1.5$ .
- Clase de acero de los tornillos empleados: 8.8 (4.3.1 CTE DB SE-A).

### Disposiciones constructivas:

- 1) Se han considerado las siguientes distancias mínimas y máximas entre ejes de agujeros y entre éstos y los bordes de las piezas:

Disposiciones constructivas para tornillos, según artículo 8.5.1 CTE DB SE-A							
Distancias	Al borde de la pieza		Entre agujeros		Entre tornillos		
	$e_1^{(1)}$	$e_2^{(2)}$	$p_1^{(1)}$	$p_2^{(2)}$	Compresión	Tracción Filas exteriores	Tracción Filas interiores
Mínimas	1.2 do	1.5 do	2.2 do	3 do	$p_1$ y $p_2$	$p_1, e$	$p_1, i$
Máximas <sup>(3)</sup>	40 mm + 4t 150 mm 12t		14t 200 mm		14t 200 mm	14t 200 mm	28t 400 mm

#### *Notas:*

*(1) Paralela a la dirección de la fuerza*

*(2) Perpendicular a la dirección de la fuerza*

*(3) Se considera el menor de los valores*

*do: Diámetro del agujero.*

*t: Menor espesor de las piezas que se unen.*

*En el caso de esfuerzos oblicuos, se interpolan los valores de manera que el resultado quede del lado de la seguridad.*

- 2) No deben soldarse ni los tornillos ni las tuercas.
- 3) Cuando los tornillos se dispongan en posición vertical, la tuerca se situará por debajo de la cabeza del tornillo.
- 4) Debe comprobarse antes de la colocación que las tuercas pueden desplazarse libremente sobre el tornillo correspondiente.



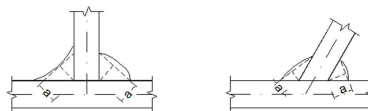
- 5) En cada tornillo se colocará una arandela en el lado de la cabeza y otra en el lado de la tuerca.
- 6) Los agujeros deben realizarse por taladrado u otro proceso que proporcione un acabado equivalente.
- 7) El punzonado se admite para piezas de hasta 15 mm de espesor, siempre que el espesor nominal de la pieza no sea mayor que el diámetro nominal del agujero (o dimensión mínima si el agujero no es circular). De realizar el punzonado, se recomienda realizarlo con un diámetro 3 mm menor que el diámetro definitivo y luego taladrar hasta el diámetro nominal.
- 8) Condiciones para el apriete de los tornillos ordinarios:
  - Cada conjunto de tornillo, tuerca y arandelas debe alcanzar la condición de "apretado a tope" sin sobrepretensar los tornillos. Esta condición es la que conseguiría un operario con la llave normal, sin brazo de prolongación.
  - Para los grandes grupos de tornillos, el apriete debe realizarse desde los tornillos centrales hacia el exterior e incluso realizar algún ciclo de apriete adicional.

#### Comprobaciones:

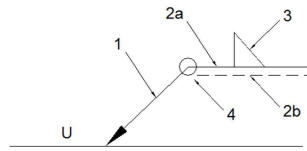
Se realizan las comprobaciones indicadas en los artículos 8.5.2, 8.8.3 y 8.8.6 de CTE DB SE-A.

### III. Referencias y simbología

$a$ [mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.a CTE DB SE-A.



$L$ [mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

Método de representación de soldaduras

Referencias:

1: línea de la flecha

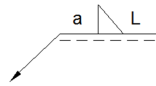
2a: línea de referencia (línea continua)

2b: línea de identificación (línea a trazos)

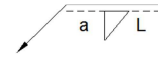
3: símbolo de soldadura

4: indicaciones complementarias

U: Unión

Referencias 1, 2a y 2b

El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.

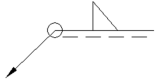
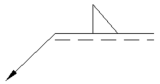
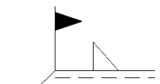


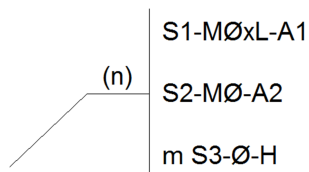
El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

Referencia 3

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura en ángulo		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

Referencia 4

Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje

Método de representación de los tornillos de una unión

## Referencias:

n: Cantidad de tornillos

S1: Norma de especificación del tornillo

Ø[mm]: Diámetro nominal

L[mm]: Longitud nominal del tornillo

A1: Clase de calidad del acero del tornillo

S2: Norma de especificación de la tuerca

A2: Clase de calidad del acero de la tuerca

m: Cantidad de arandelas

S3: Norma de especificación de la arandela

H: Dureza de la arandela

**7.1. Uniones en correas**

## ➤ Unión Correa-Correa

Para realizar la unión entre correas se emplean conectores, dando continuidad a las mismas. Los conectores permiten el solape de las correas mediante tornillos que únicamente cumplen funciones de unión.

La unión del cerramiento de panel sándwich a las correas se realiza mediante tornillos roscachapa.

➤ Unión Correa-Pórtico

Para unir las correas a los pórticos, tanto a los cabios en cubierta como a los pilares en fachada, se emplea un angular en forma de L como ejión. La unión se realiza mediante tornillos, que no hay que calcular debido a los pequeños esfuerzos de tracción que sufren.

La colocación de tornapuntas angulares en los puntos necesarios para arriostrar los elementos frente al pandeo lateral se realiza también mediante tornillos los cuales no se calcularan por el mismo motivo.

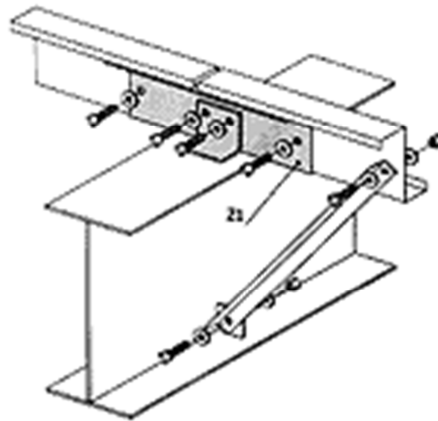


Figura A.28. Ejión y conector para solape de correas y tornapuntas

## 7.2. Uniones de la estructura metálica

Mediante el programa informático “CYPE”, concretamente utilizando el modulo “CYPE 3D”, al igual que en apartados anteriores, se calculan las diferentes uniones entre barras.

Con el fin de simplificar la ejecución de los diferentes tipos de uniones, se han intentado agrupar en la medida de lo posible.

A continuación se muestran los resultados obtenidos a través de “CYPE 3D”, incluyendo la vista 3D, descripción de los componentes, las comprobaciones y la medición de los componentes, para la selección de los nudos más representativos.

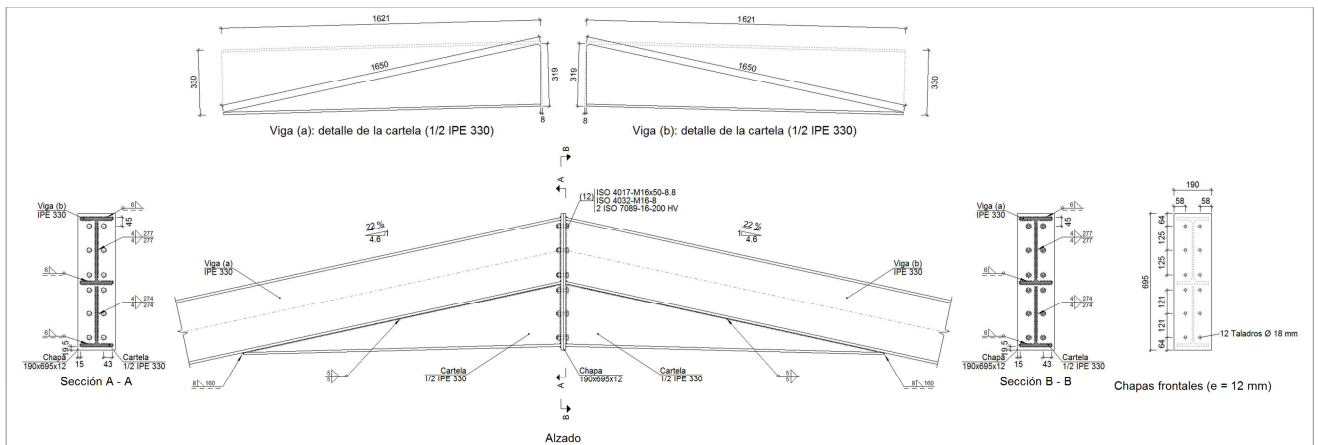
7.2.1. Pórticos intermedios

Dintel-Dintel Cumbreira: (N10, N15, N20, N25, N30)

➤ Vista 3D

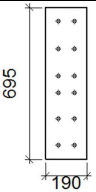


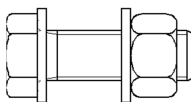
➤ Detalle



➤ 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 frontal		190	695	12	12	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 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	50	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

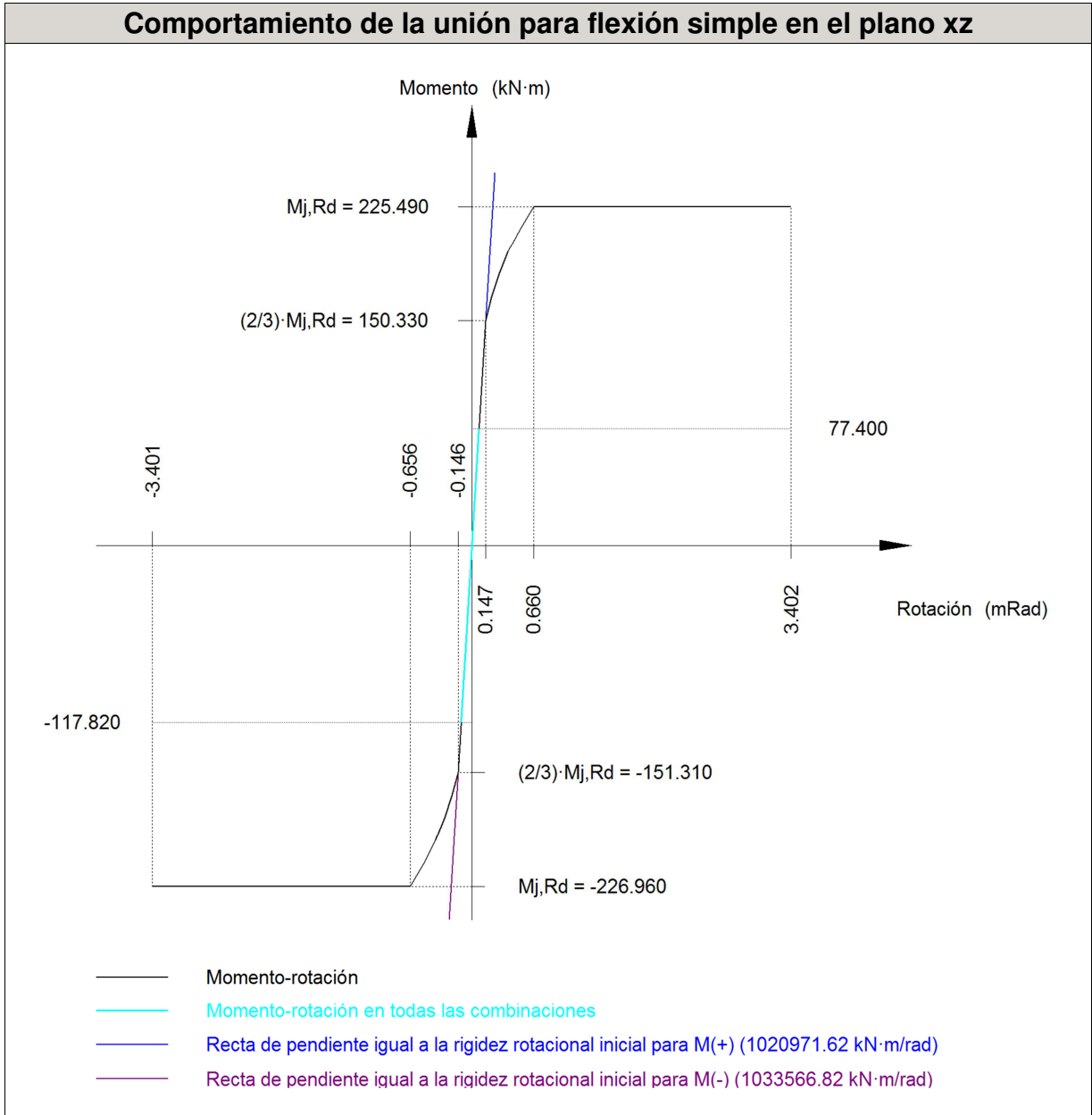
1) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	86.80	167.31	51.88
Ala	Aplastamiento	kN	205.49	493.04	41.68
	Tracción	kN	22.70	241.03	9.42
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	47.07	268.58	17.53
	Tracción	kN	66.87	195.68	34.17

## 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	77.80				
Soldadura del alma	En ángulo	4	277	7.5	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	77.80				
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	289	7.5	90.00				
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	88.52				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	1650	7.5	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	79.28				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del ala superior	55.1	68.3	0.7	130.6	33.84	65.0	19.82	410.0	0.85
Soldadura del alma	56.4	56.4	1.5	112.9	29.26	56.4	17.21	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	19.0	23.5	0.0	45.0	11.65	22.8	6.96	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	64.0	64.0	0.3	128.1	33.19	64.0	19.52	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	56.6	55.2	0.4	111.1	28.80	56.6	17.27	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	5.0	8.7	2.25	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	37861.58	1020971.62
Calculada para momentos negativos	37861.58	1033566.82



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.31	1.80	72.79
Momento resistente	kNm	117.80	226.96	51.91
Capacidad de rotación	mRad	33.515	667	5.03



## 2) Viga (b) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	86.80	167.31	51.88
Ala	Compresión	kN	205.49	493.04	41.68
	Tracción	kN	22.70	241.03	9.42
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	42.94	268.58	15.99
	Tracción	kN	66.87	195.68	34.17

## Cordones de soldadura

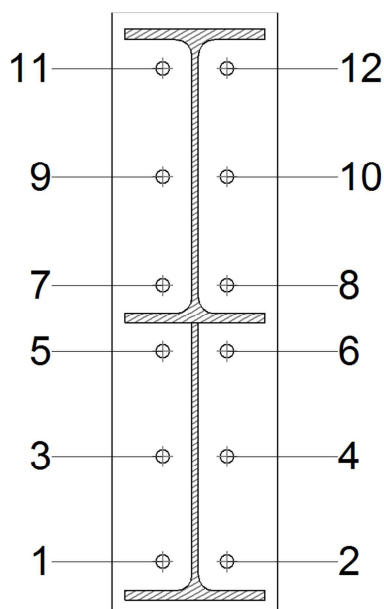
Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	160	11.5	77.80	
Soldadura del alma	En ángulo	4	277	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	77.80	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	289	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	88.52	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	1650	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	79.28	

*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	55.1	68.3	0.7	130.4	33.80	64.9	19.80	410.0	0.85
Soldadura del alma	56.4	56.4	1.4	112.8	29.23	56.4	17.19	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	19.0	23.5	0.0	45.0	11.65	22.8	6.96	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	64.0	64.0	0.3	128.1	33.19	64.0	19.52	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	56.6	55.2	0.5	111.1	28.78	56.6	17.26	410.0	0.85

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 alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	4.6	7.9	2.06	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



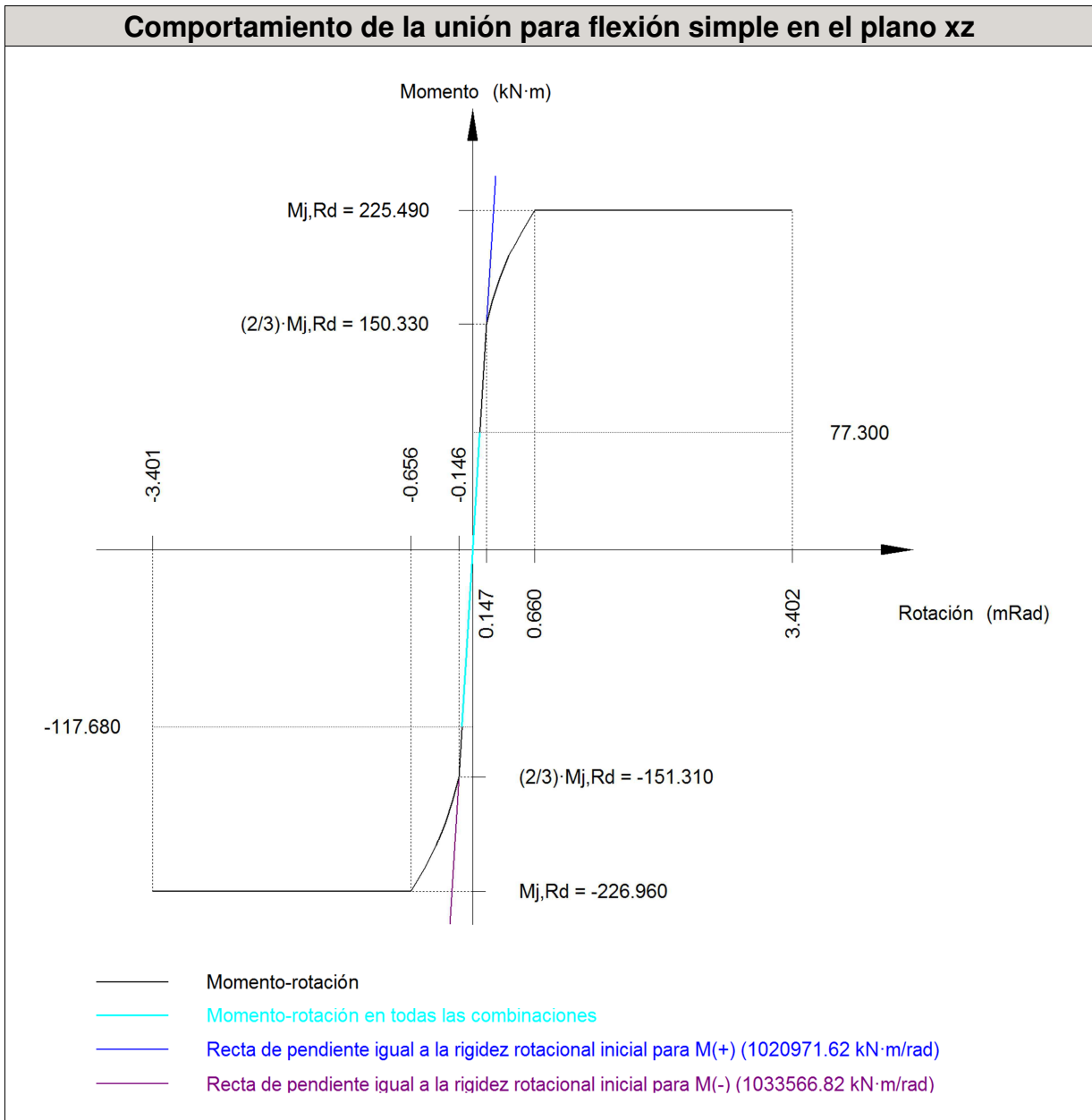
Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	121	74	32.7
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	121	74	32.7
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	121	74	33.0
4	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	121	74	33.0
5	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	77	74	32.7
6	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	77	74	32.7
7	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	77	74	32.0
8	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	77	74	32.0
9	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	125	74	33.0
10	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	125	74	33.0

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)
11	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	125	74	32.7
12	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	58	125	74	32.7

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	6.392	50.240	12.72	Vástago	46.733	90.432	51.68	37.48	51.68
	Aplastamiento	6.392	157.440	4.06	Punzonamiento	46.733	188.262	24.82		
2	Sección transversal	6.392	50.240	12.72	Vástago	46.913	90.432	51.88	37.38	51.88
	Aplastamiento	6.392	157.440	4.06	Punzonamiento	46.913	188.262	24.92		
3	Sección transversal	3.733	50.240	7.43	Vástago	44.346	90.432	49.04	35.68	49.04
	Aplastamiento	3.733	157.440	2.37	Punzonamiento	44.346	188.262	23.56		
4	Sección transversal	3.733	50.240	7.43	Vástago	44.567	90.432	49.28	35.66	49.28
	Aplastamiento	3.733	157.440	2.37	Punzonamiento	44.567	188.262	23.67		
5	Sección transversal	1.949	50.240	3.88	Vástago	28.498	90.432	31.51	23.84	31.51
	Aplastamiento	1.949	157.440	1.24	Punzonamiento	28.498	188.262	15.14		
6	Sección transversal	1.949	50.240	3.88	Vástago	28.701	90.432	31.74	23.91	31.74
	Aplastamiento	1.949	157.440	1.24	Punzonamiento	28.701	188.262	15.25		
7	Sección transversal	2.658	50.240	5.29	Vástago	21.263	90.432	23.51	17.06	23.51
	Aplastamiento	2.658	157.440	1.69	Punzonamiento	21.263	188.262	11.29		
8	Sección transversal	2.658	50.240	5.29	Vástago	21.263	90.432	23.51	17.13	23.51
	Aplastamiento	2.658	157.440	1.69	Punzonamiento	21.263	188.262	11.29		
9	Sección transversal	3.224	50.240	6.42	Vástago	33.361	90.432	36.89	26.35	36.89
	Aplastamiento	3.224	157.440	2.05	Punzonamiento	33.361	188.262	17.72		
10	Sección transversal	3.224	50.240	6.42	Vástago	33.360	90.432	36.89	26.35	36.89
	Aplastamiento	3.224	157.440	2.05	Punzonamiento	33.360	188.262	17.72		
11	Sección transversal	8.245	50.240	16.41	Vástago	35.497	90.432	39.25	28.04	39.25
	Aplastamiento	8.245	157.440	5.24	Punzonamiento	35.497	188.262	18.86		
12	Sección transversal	8.245	50.240	16.41	Vástago	35.496	90.432	39.25	28.04	39.25
	Aplastamiento	8.245	157.440	5.24	Punzonamiento	35.496	188.262	18.85		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	37861.58	1020971.62
Calculada para momentos negativos	37861.58	1033566.82



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.31	1.80	72.79
Momento resistente	kNm	117.67	226.96	51.84
Capacidad de rotación	mRad	33.476	667	5.02

➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	2205
			5	6540
			6	1753
			8	320

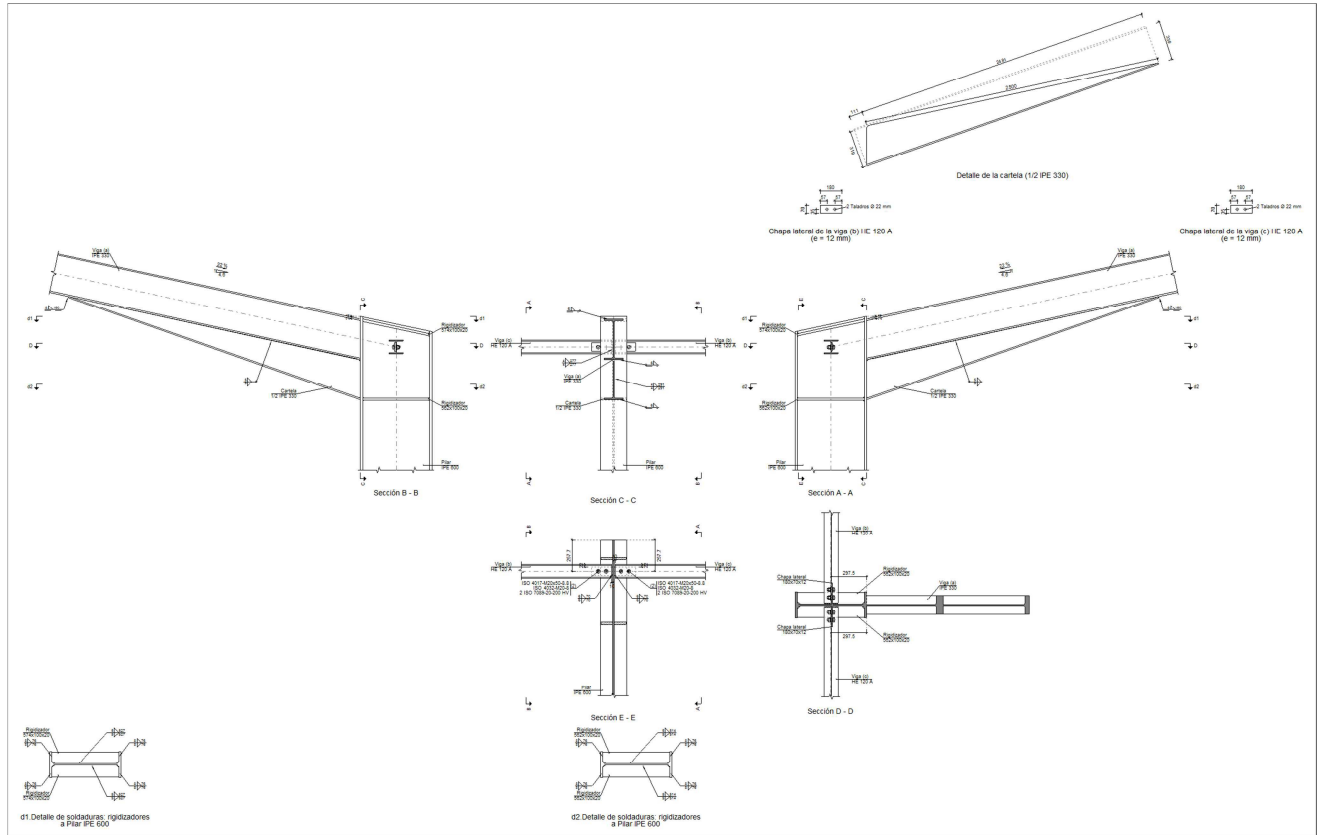
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	190x695x12	24.88
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4017-M16x50
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-16

**Pilar Largo-Dintel-Viga de atado pórticos: (N7, N12, N17, N22, N27)**

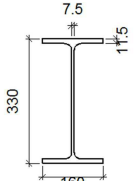
➤ Vista 3D

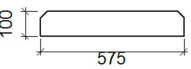
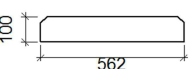
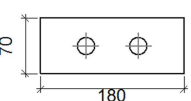
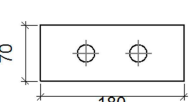
➤ Detalle

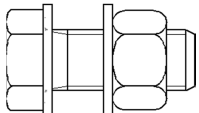


➤ Descripción de los componentes de la unión

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 600		600	220	19	12	S275	275.0	410.0
Viga	HE 120 A		114	120	8	5	S275	275.0	410.0

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	Díámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidizador		575	100	20	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		562	100	20	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (c) HE 120 A		180	70	12	2	22	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (b) HE 120 A		180	70	12	2	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 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

1) Pilar IPE 600

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	72.38	
	Cortante	kN	513.24	979.85	52.38	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	132.96	261.90	50.77	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	150.64	261.90	57.52	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	132.96	261.90	50.77	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	150.64	261.90	57.52	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	122.57	261.90	46.80	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	128.45	261.90	49.04	
Viga HE (c) 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	70.88	387.30	18.30
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	55.17	90.96	60.65
Viga HE (b) 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	70.88	387.30	18.30
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	55.17	90.96	60.65



## 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	76	19.0	77.80				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	527	12.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	76	19.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	514	12.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	76	19.0	77.80				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	527	12.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	76	19.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	514	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	104.4	129.3	0.0	247.2	64.05	104.4	31.82	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	35.6	61.7	15.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	133.1	133.1	0.0	266.3	69.01	133.2	40.59	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	40.4	70.1	18.15	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	104.4	129.3	0.0	247.2	64.05	104.4	31.82	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	35.6	61.7	15.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	133.1	133.1	0.0	266.3	69.01	133.2	40.59	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	40.4	70.1	18.15	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	35.50	268.58	13.22

## 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	77.80	
Soldadura del alma	En ángulo	4	277	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	77.80	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	306	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	70.75	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	2500	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	82.95	

*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	135.6	168.0	0.6	321.1	83.21	177.7	54.16	410.0	0.85
Soldadura del alma	145.1	145.1	29.0	294.5	76.33	145.1	44.24	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	8.2	14.2	3.69	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	156.6	156.6	29.0	317.2	82.19	156.6	47.74	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	142.0	200.0	0.1	374.3	97.01	189.7	57.83	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	19.5	33.8	8.76	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

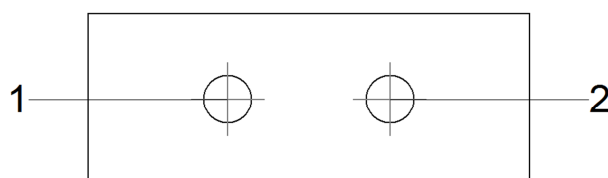
## 3) Viga (c) HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	1.10
	Tensiones combinadas	--	--	--	34.56
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	55.49	237.90	23.33
	Aplastamiento	kN	35.46	147.51	24.04
	Desgarro	kN	70.88	87.10	81.38
Alma	Aplastamiento	kN	35.46	58.41	60.71
	Desgarro	kN	70.88	116.01	61.10

## 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	70	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	59.7	59.7	0.8	119.3	30.93	59.7	18.19	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-M20x50-8.8	22.0	35	47	--	66	35.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	35	57	--	66	35.0

--: 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	35.461	78.400	45.23	Vástago	0.000	141.120	0.00	45.23	45.23
	Aplastamiento	35.461	147.509	24.04	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		
2	Sección transversal	35.444	78.400	45.21	Vástago	0.000	141.120	0.00	45.21	45.21
	Aplastamiento	35.444	169.926	20.86	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		

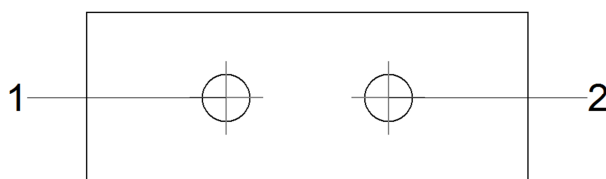
## 4) Viga (b) HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	1.10
	Tensiones combinadas	--	--	--	34.56
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	66.08	237.90	27.78
	Aplastamiento	kN	35.46	147.51	24.04
	Desgarro	kN	70.88	87.10	81.38
Alma	Aplastamiento	kN	35.46	58.41	60.71
	Desgarro	kN	70.88	116.01	61.10

## 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	70	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	59.7	59.7	0.8	119.3	30.93	59.7	18.19	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	35	47	--	66	35.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	35	57	--	66	35.0

--: La comprobación no procede.

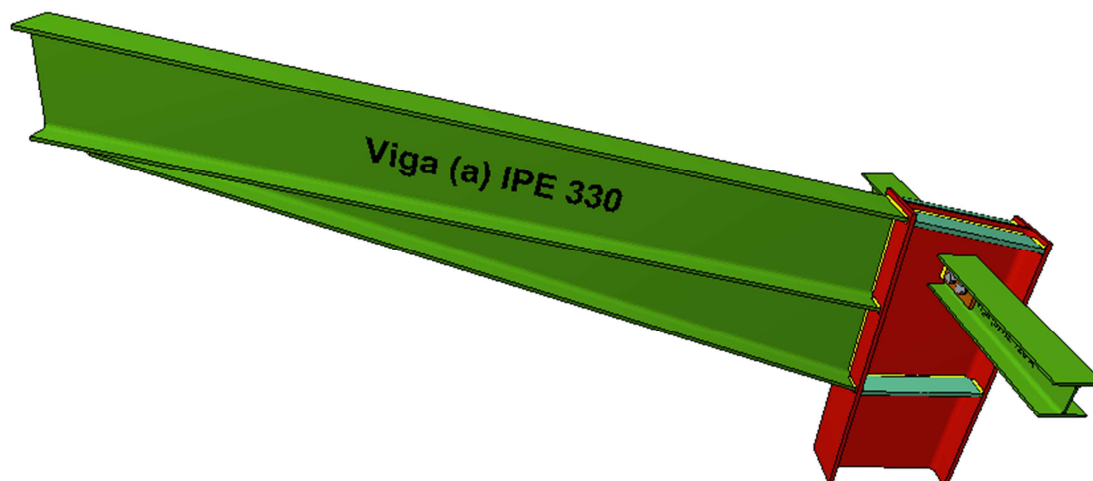
Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	35.46 1	78.400	45.2 3	Vástago	0.000	141.120	0.00	45.23	45.23
	Aplastamiento	35.46 1	147.509	24.0 4	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		
2	Sección transversal	35.44 4	78.400	45.2 1	Vástago	0.000	141.120	0.00	45.21	45.21
	Aplastamiento	35.44 4	169.926	20.8 6	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		

➤ Medición

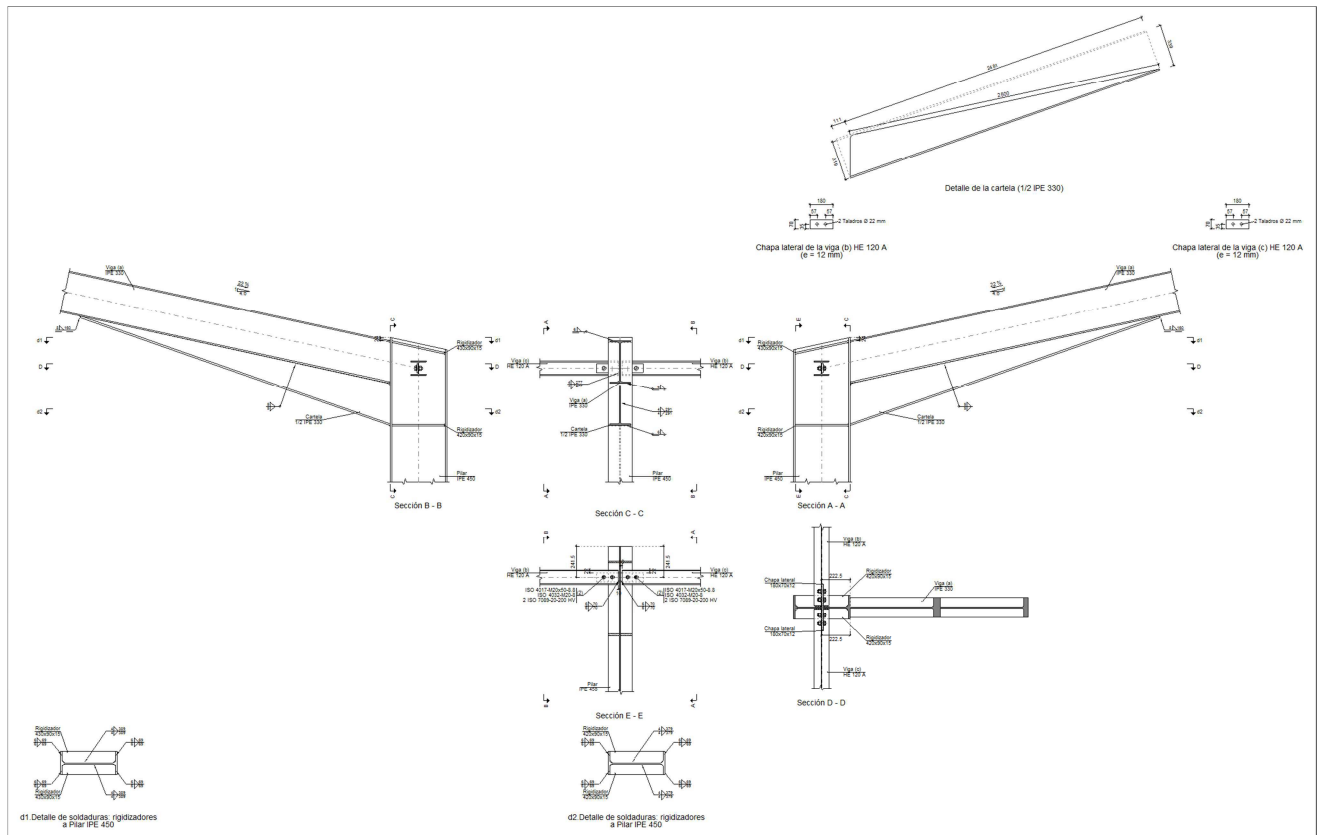
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1167
			5	9164
			6	1157
			8	1376

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	574x100x20	18.05
		2	562x100x20	17.65
	Chapas	2	180x70x12	2.37
	Total			

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

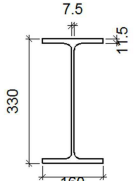
**Pilar Corto-Dintel-Viga de atado pórticos: (N9, N14, N19, N24, N29)**➤ Vista 3D

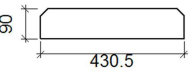
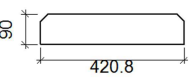
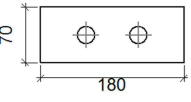
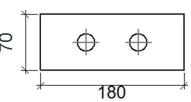
➤ Detalle



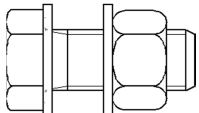
➤ Descripción de los componentes de la unión

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 450		450	190	14.6	9.4	S275	275.0	410.0
Viga	HE 120 A		114	120	8	5	S275	275.0	410.0

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	Díámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidizador		430.5	90	15	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		420.8	90	15	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (c) HE 120 A		180	70	12	2	22	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (b) HE 120 A		180	70	12	2	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 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

1) Pilar IPE 450

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	69.18	
	Cortante	kN	657.97	808.77	81.36	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	172.69	261.90	65.94	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	197.87	261.90	75.55	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	172.68	261.90	65.93	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	197.88	261.90	75.56	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	229.06	261.90	87.46	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	231.51	261.90	88.39	
Viga HE (c) 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	75.81	303.39	24.99
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	40.62	58.44	69.51
Viga HE (b) 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	75.81	303.39	24.99
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	40.62	58.44	69.51

## 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	69	14.6	77.80				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	389	9.4	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	69	14.6	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	379	9.4	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	69	14.6	77.80				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	389	9.4	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	69	14.6	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	379	9.4	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	135.4	167.8	5.2	320.9	83.15	135.4	41.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	58.7	101.6	26.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	174.9	174.9	1.6	349.8	90.64	174.9	53.32	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	67.5	116.9	30.29	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	135.4	167.8	5.2	320.8	83.14	135.4	41.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	58.7	101.6	26.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	174.9	174.9	1.6	349.8	90.65	174.9	53.32	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	67.5	116.9	30.29	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	34.67	268.58	12.91

## 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	77.80	
Soldadura del alma	En ángulo	4	277	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	11.5	77.80	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	306	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	160	11.5	70.75	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	5	2500	7.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	8	160	11.5	82.95	

*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	129.6	160.6	3.1	306.9	79.52	169.1	51.57	410.0	0.85
Soldadura del alma	131.8	131.8	26.3	267.6	69.34	131.8	40.19	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	8.3	14.3	3.71	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	144.3	144.3	26.3	292.2	75.73	144.3	44.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	135.7	191.1	0.8	357.8	92.71	181.9	55.47	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	20.1	34.9	9.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

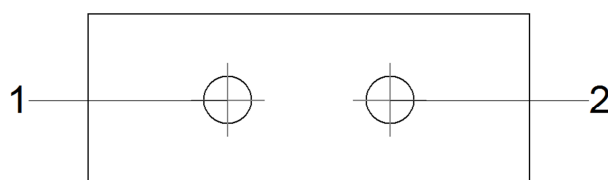
## 3) Viga (c) HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	1.10
	Tensiones combinadas	--	--	--	36.81
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	75.65	237.90	31.80
	Aplastamiento	kN	37.93	147.52	25.71
	Desgarro	kN	75.82	87.10	87.05
Alma	Aplastamiento	kN	37.93	58.41	64.93
	Desgarro	kN	75.82	116.01	65.35

## 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	70	9.4	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	63.8	63.8	0.8	127.7	33.08	63.8	19.46	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-M20x50-8.8	22.0	35	47	--	66	35.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	35	57	--	66	35.0

--: 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	37.927	78.400	48.38	Vástago	0.000	141.120	0.00	48.38	48.38
	Aplastamiento	37.927	147.521	25.71	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		
2	Sección transversal	37.911	78.400	48.36	Vástago	0.000	141.120	0.00	48.36	48.36
	Aplastamiento	37.911	169.931	22.31	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		

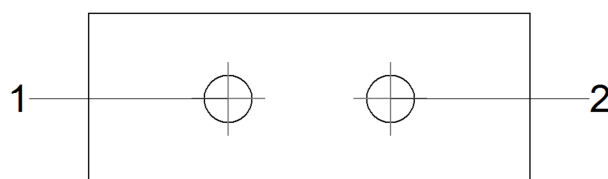
## 4) Viga (b) HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	1.10
	Tensiones combinadas	--	--	--	36.81
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	66.98	237.90	28.16
	Aplastamiento	kN	37.93	147.52	25.71
	Desgarro	kN	75.82	87.10	87.05
Alma	Aplastamiento	kN	37.93	58.41	64.93
	Desgarro	kN	75.82	116.01	65.35

## 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	70	9.4	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	63.8	63.8	0.8	127.7	33.08	63.8	19.46	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-M20x50-8.8	22.0	35	47	--	66	35.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	35	57	--	66	35.0

--: La comprobación no procede.

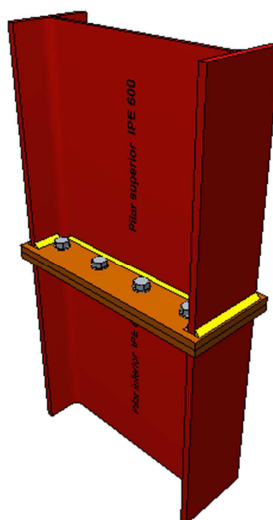
Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente e (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	37.92 7	78.400	48.3 8	Vástago	0.000	141.120	0.00	48.38	48.38
	Aplastamiento	37.92 7	147.521	25.7 1	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		
2	Sección transversal	37.91 1	78.400	48.3 6	Vástago	0.000	141.120	0.00	48.36	48.36
	Aplastamiento	37.91 1	169.931	22.3 1	Punzonamiento	0.000	97.300	0.00		

➤ Medición

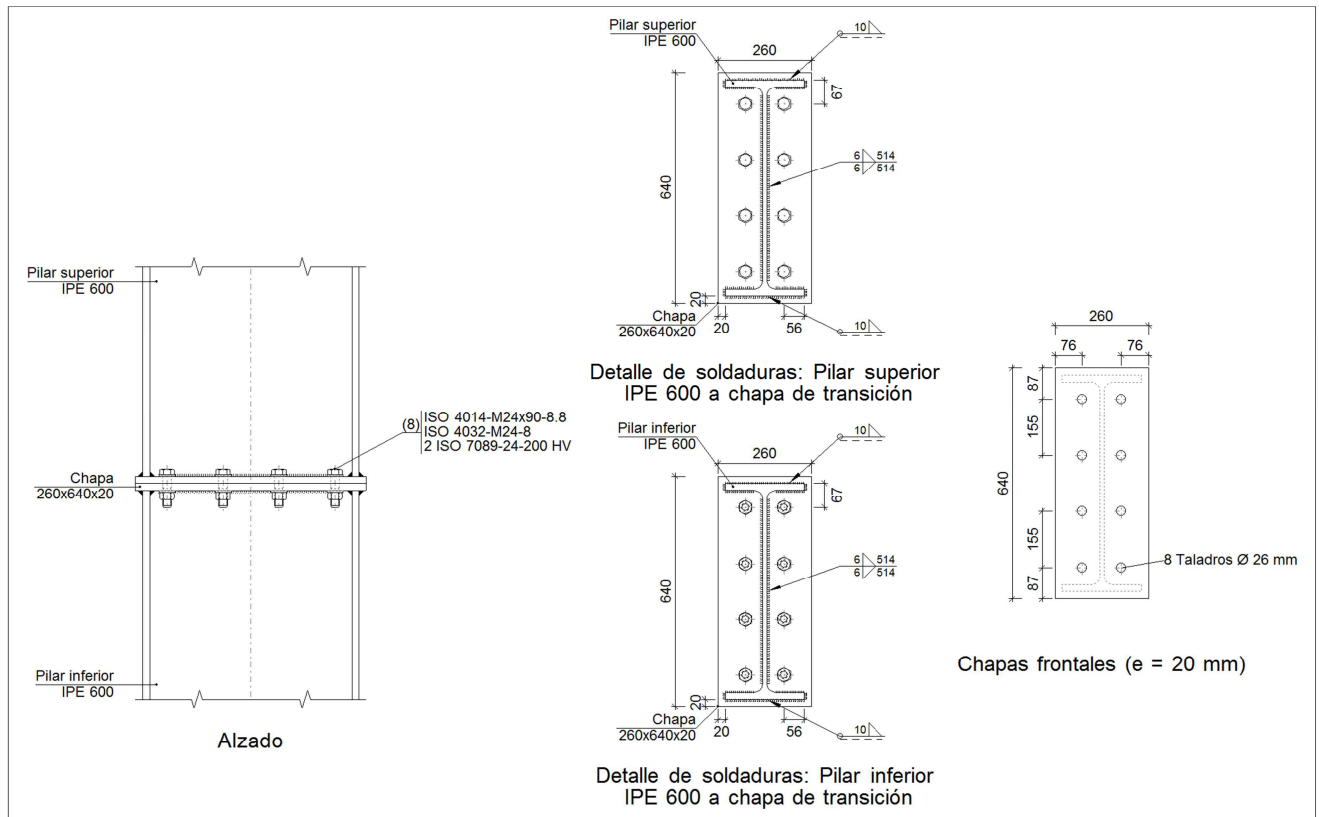
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	4236
			5	5000
			6	2261
			8	160

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	430x90x15	9.12
		2	420x90x15	8.92
	Chapas	2	180x70x12	2.37
	Total			

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

**Pilar Largo-Pilar Largo: (N67, N68, N69)**➤ Vista 3D

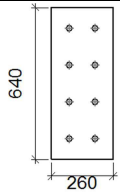
➤ Detalle

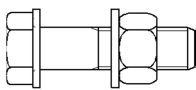


➤ Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_v$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Pilar inferior	IPE 600		600	220	19	12	S275	275.0	410.0
Pilar superior	IPE 600		600	220	19	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 frontal		260	640	20	8	26	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4014-M24x90-8.8 ISO 4032-M24-8 2 ISO 7089-24-200 HV		M24	90	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

1) Pilar inferior IPE 600

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	355.63	402.38	88.38
Ala	Aplastamiento	kN	729.66	1094.76	66.65
	Tracción	kN	93.35	547.38	17.05
Alma	Tracción	kN	236.29	448.68	52.66

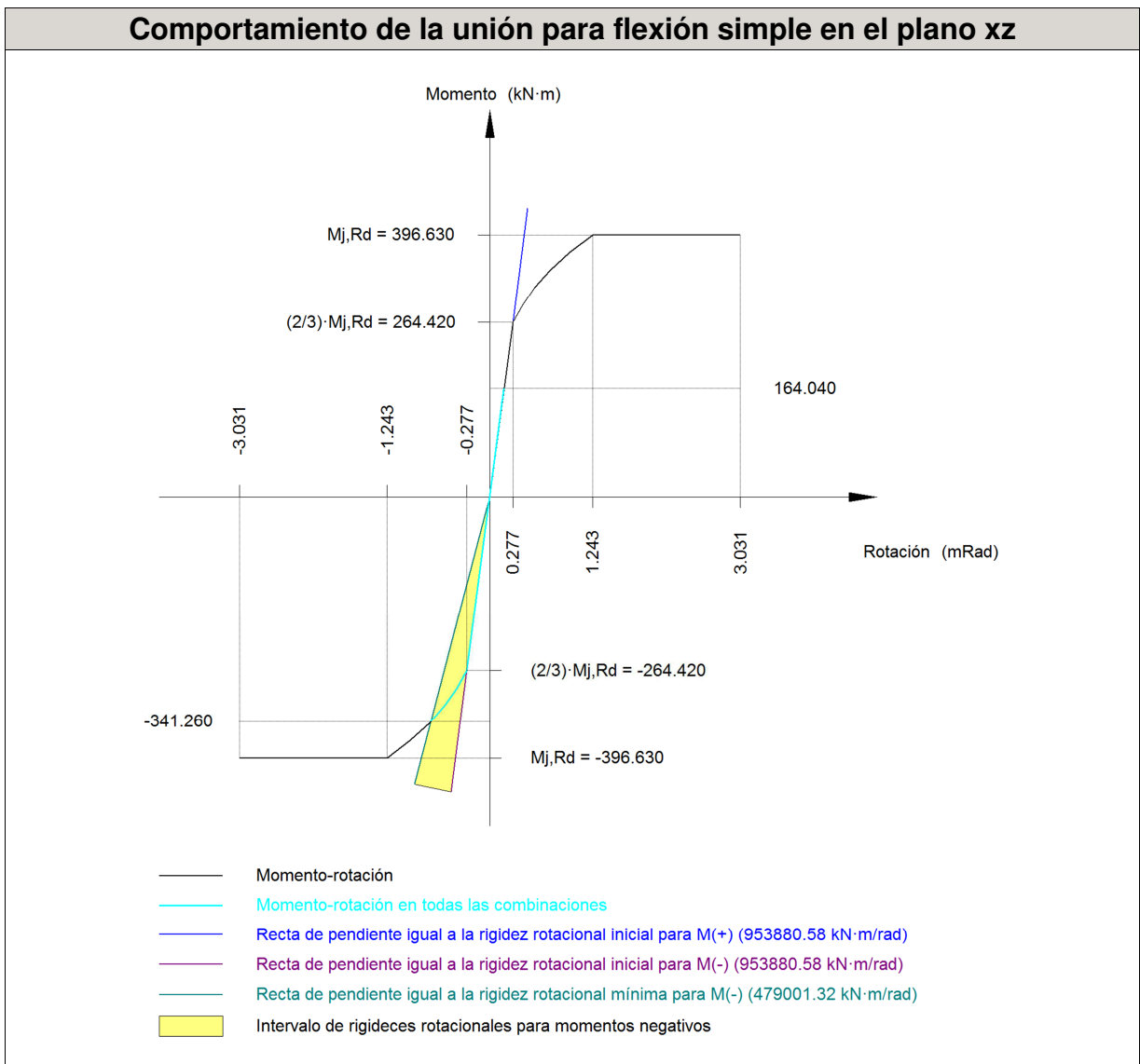
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	10	220	19.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	6	514	12.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	10	220	19.0	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> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	100.4	100.4	0.5	200.8	52.04	100.4	30.62	410.0	0.85
Soldadura del alma	123.7	123.7	11.0	248.1	64.29	123.7	37.70	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	94.3	94.3	0.5	188.6	48.88	94.3	28.75	410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	193668.59	953880.58
Calculada para momentos negativos	193668.59	953880.58



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.62	1.80	89.93
Momento resistente	kNm	341.26	396.63	86.04
Capacidad de rotación	mRad	235.061	667	35.26

## 2) Pilar superior IPE 600

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	355.63	402.38	88.38
Ala	Compresión	kN	729.66	1094.76	66.65
	Tracción	kN	93.35	547.38	17.05
Alma	Tracción	kN	236.29	448.68	52.66

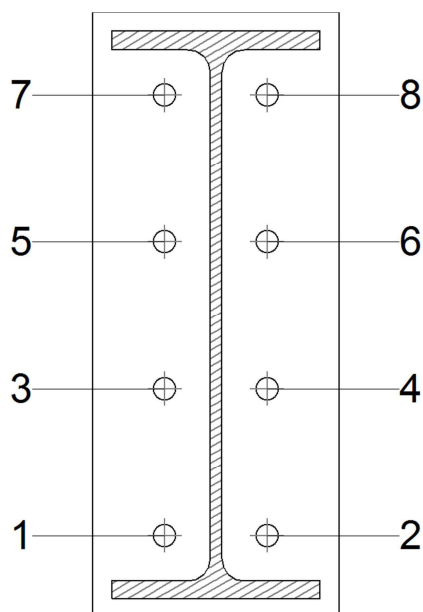
## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	10	220	19.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	6	514	12.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	10	220	19.0	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> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	100.4	100.4	0.5	200.8	52.04	100.4	30.62	410.0	0.85
Soldadura del alma	123.7	123.7	11.0	248.1	64.29	123.7	37.70	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	94.3	94.3	0.5	188.6	48.88	94.3	28.75	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



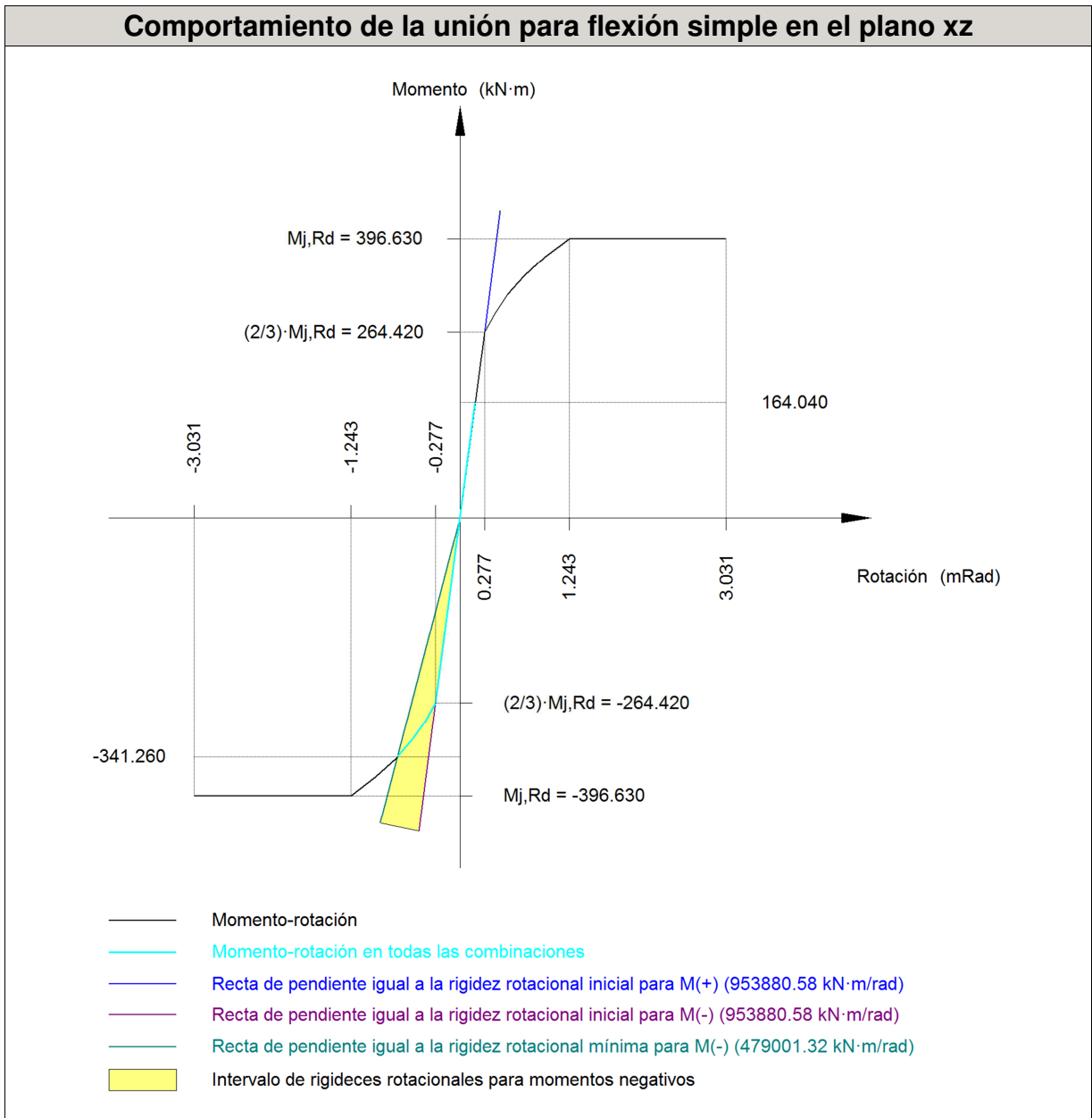
Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
2	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
3	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
4	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
5	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
6	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
7	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0
8	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	76	155	108	48.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	19.12 0	144.765	13.21	Vástago	179.70 6	203.328	88.38	63.13	88.38
	Aplastamiento	19.12 0	393.600	4.86	Punzonamiento	179.70 6	467.100	38.47		
2	Sección transversal	19.12 0	144.765	13.21	Vástago	179.70 6	203.328	88.38	63.13	88.38
	Aplastamiento	19.12 0	393.600	4.86	Punzonamiento	179.70 6	467.100	38.47		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
3	Sección transversal	8.423	144.765	5.82	Vástago	153.168	203.328	75.33	53.81	75.33
	Aplastamiento	8.423	393.600	2.14	Punzonamiento	153.168	467.100	32.79		
4	Sección transversal	8.423	144.765	5.82	Vástago	153.168	203.328	75.33	53.81	75.33
	Aplastamiento	8.423	393.600	2.14	Punzonamiento	153.168	467.100	32.79		
5	Sección transversal	9.863	144.765	6.81	Vástago	90.790	203.328	44.65	32.29	44.65
	Aplastamiento	9.863	393.600	2.51	Punzonamiento	90.790	467.100	19.44		
6	Sección transversal	9.863	144.765	6.81	Vástago	90.790	203.328	44.65	32.29	44.65
	Aplastamiento	9.863	393.600	2.51	Punzonamiento	90.790	467.100	19.44		
7	Sección transversal	33.966	144.765	23.46	Vástago	105.101	203.328	51.69	37.32	51.69
	Aplastamiento	33.966	393.600	8.63	Punzonamiento	105.101	467.100	22.50		
8	Sección transversal	33.966	144.765	23.46	Vástago	105.101	203.328	51.69	37.32	51.69
	Aplastamiento	33.966	393.600	8.63	Punzonamiento	105.101	467.100	22.50		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	193668.59	953880.58
Calculada para momentos negativos	193668.59	953880.58



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.62	1.80	89.93
Momento resistente	kNm	341.26	396.63	86.04
Capacidad de rotación	mRad	235.061	667	35.26

➤ Medición

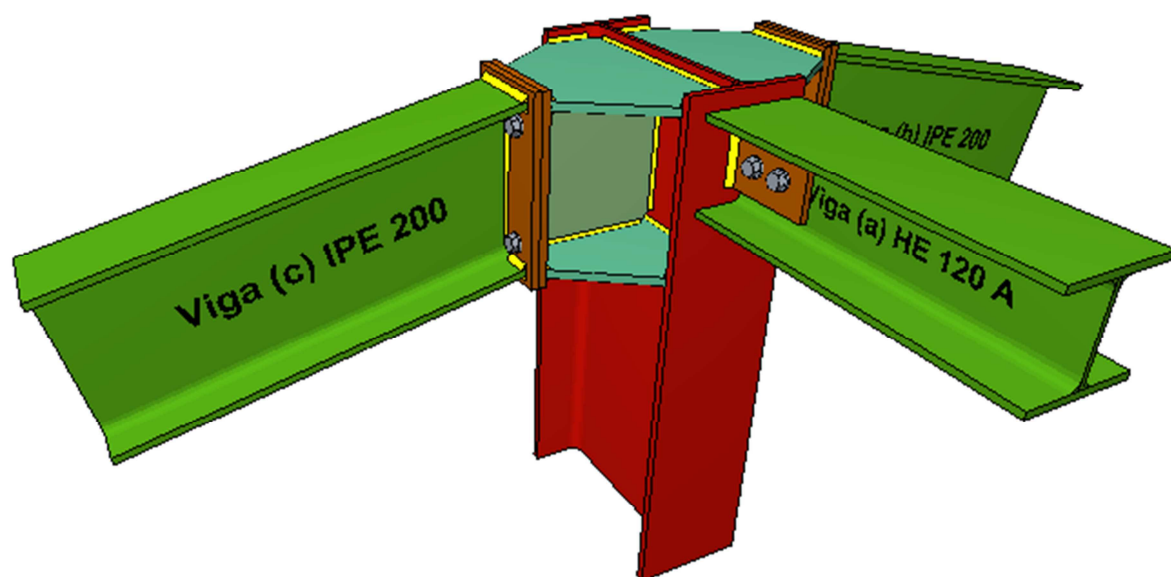
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	2056
			10	1672

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	260x640x20	52.25
	Total			52.25

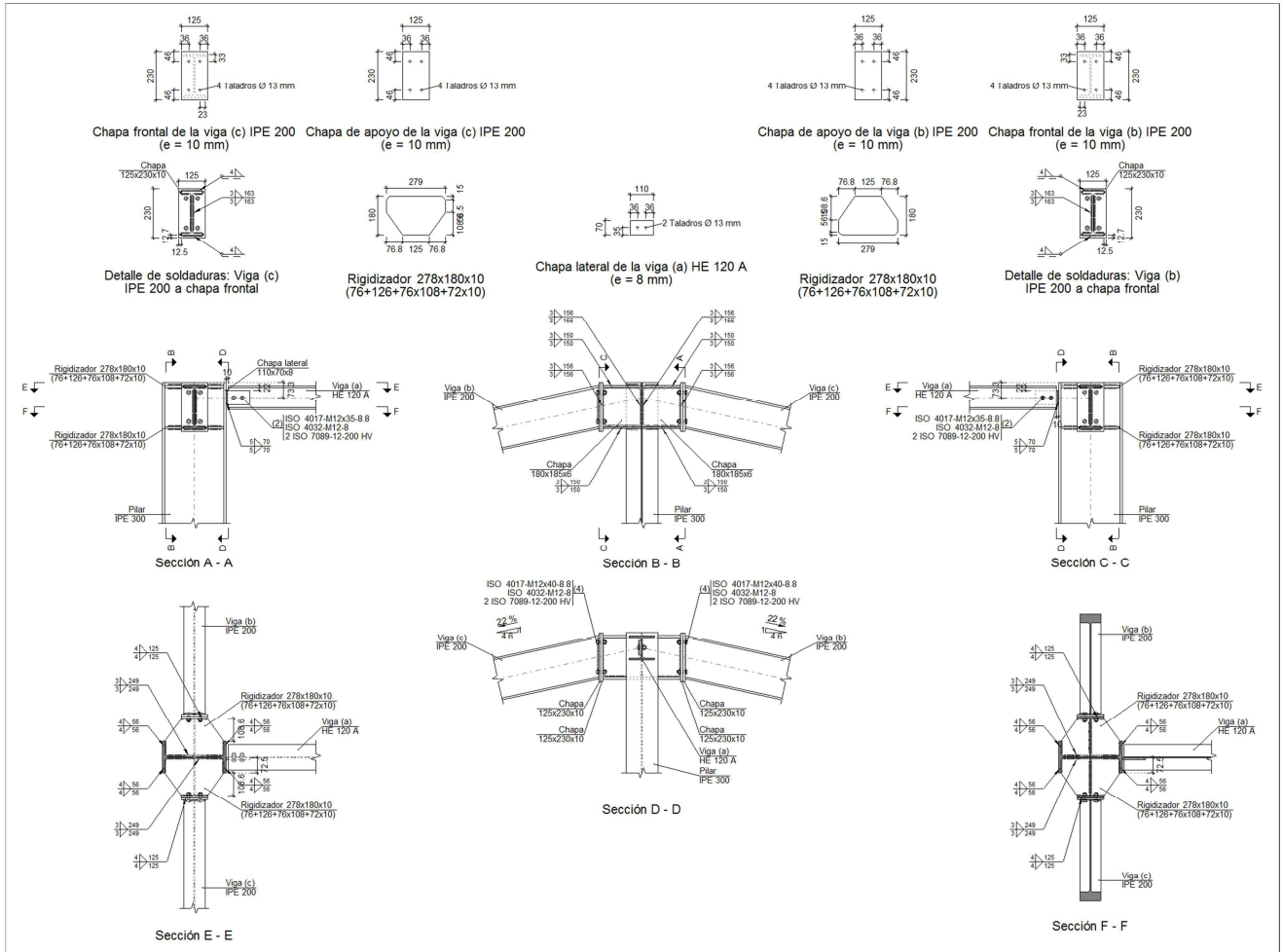
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4014-M24x90
Tuercas	Clase 8	8	ISO 4032-M24
Arandelas	Dureza 200 HV	16	ISO 7089-24

## 7.2.2. Pórticos hastiales

Dintel-Dintel-Pilarillo Cumbre: (N5, N35)

➤ Vista 3D

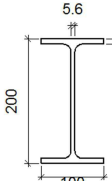
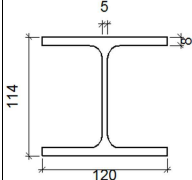
➤ Detalle

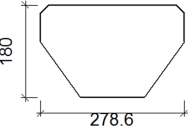
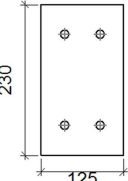
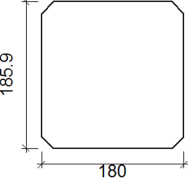
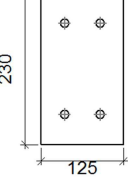


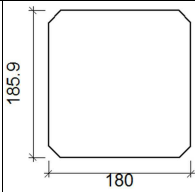
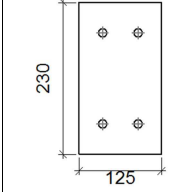
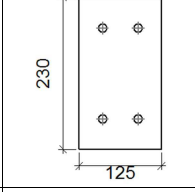
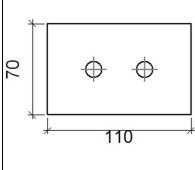
➤ Descripción de los componentes de la unión

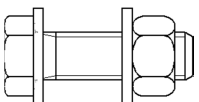
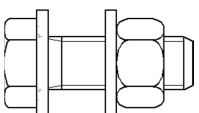
		Perfiles					Acero		
Pieza	Descripción	Geometría				Espesor del alma (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)				
Pilar	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	275.0	410.0



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 200		200	100	8.5	5.6	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		278.6	180	10	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 200		125	230	10	4	13	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 200		180	185.9	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 200		125	230	10	4	13	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 (b) IPE 200		180	185.9	6	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (c) IPE 200		125	230	10	4	13	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (b) IPE 200		125	230	10	4	13	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (a) HE 120 A		110	70	8	2	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-M12x40-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	40	8.8	640.0	800.0
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

## 1) Pilar IPE 300

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	60.64	
	Cortante	kN	21.95	289.87	7.57	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	113.68	261.90	43.41	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	120.17	261.90	45.88	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	113.43	261.90	43.31	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	120.07	261.90	45.84	
Chapa frontal [Viga (c) IPE 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (c) IPE 200]	Cortante	kN	76.91	136.09	56.51	
Chapa frontal [Viga (b) IPE 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (b) IPE 200]	Cortante	kN	76.84	136.09	56.46	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	56.26	261.90	21.48	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	63.50	261.90	24.25	
Viga IPE 200 (c)	Rigidizadores	Tracción	kN	25.10	130.95	19.17
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	94.65	96.75	97.82
	Chapa vertical	Tracción	kN	44.45	84.76	52.44
Viga IPE 200 (b)	Rigidizadores	Tracción	kN	25.15	130.95	19.21
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	94.85	96.75	98.04
	Chapa vertical	Tracción	kN	44.55	84.76	52.56

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	56	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	4	125	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	56	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	4	125	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	56	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	4	125	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	56	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	4	125	10.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	156	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	156	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	150	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	150	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	156	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	156	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	150	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	150	6.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	82.0	142.1	36.82	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	8.0	13.8	3.58	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	42.2	42.2	4.8	84.9	22.00	42.2	12.88	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	86.7	150.2	38.93	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	9.6	16.6	4.31	0.0	0.00	410.0	0.85

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 rigidizador inferior a la chapa frontal	61.6	61.6	0.4	123.1	31.90	61.6	18.77	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	81.9	141.8	36.74	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	8.0	13.8	3.58	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	42.3	42.3	4.7	85.0	22.03	42.3	12.90	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	86.7	150.1	38.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	9.6	16.6	4.31	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	61.6	61.6	0.4	123.2	31.93	61.6	18.78	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	20.5	35.6	9.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	20.5	35.6	9.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	72.1	124.9	32.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	85.5	148.0	38.36	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	20.5	35.6	9.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	20.5	35.6	9.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	72.3	125.2	32.44	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	85.4	147.9	38.32	0.0	0.00	410.0	0.85

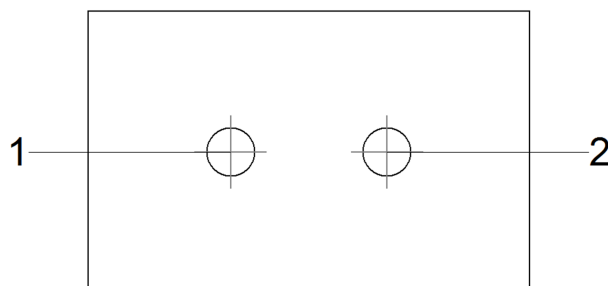
## 2) Viga (a) HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.67
	Tensiones combinadas	--	--	--	28.60
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	74.88	241.30	31.03
	Aplastamiento	kN	19.60	59.04	33.20
	Desgarro	kN	39.20	68.95	56.86
Alma	Aplastamiento	kN	19.62	36.91	53.14
	Desgarro	kN	39.20	95.43	41.08

## 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	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	39.6	39.6	0.6	79.2	20.52	39.6	12.07	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 4017-M12x35-8.8	13.0	35	26	--	39	35.0
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	36	--	39	35.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	19.616	26.976	72.72	Vástago	0.000	48.557	0.00	72.72	72.72
	Aplastamiento	19.616	71.654	27.38	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		
2	Sección transversal	19.604	26.976	72.67	Vástago	0.000	48.557	0.00	72.67	72.67
	Aplastamiento	19.604	59.043	33.20	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		

## 3) Viga (c) IPE 200

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	94.65	95.58	99.03
Ala	Compresión	kN	32.22	74.25	43.39
	Tracción	kN	24.47	111.31	21.99
Alma	Tracción	kN	45.70	82.23	55.57

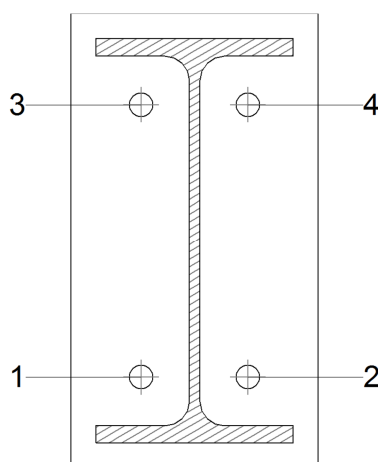
## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	77.80	
Soldadura del alma	En ángulo	3	163	5.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	77.80	

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	138.7	111.9	17.4	240.2	62.25	138.7	42.28	410.0	0.85
Soldadura del alma	123.5	123.5	3.2	247.1	64.02	123.5	37.65	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	126.6	156.9	16.9	301.3	78.08	138.9	42.34	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0
2	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0
3	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0
4	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0

--: La comprobación no procede.

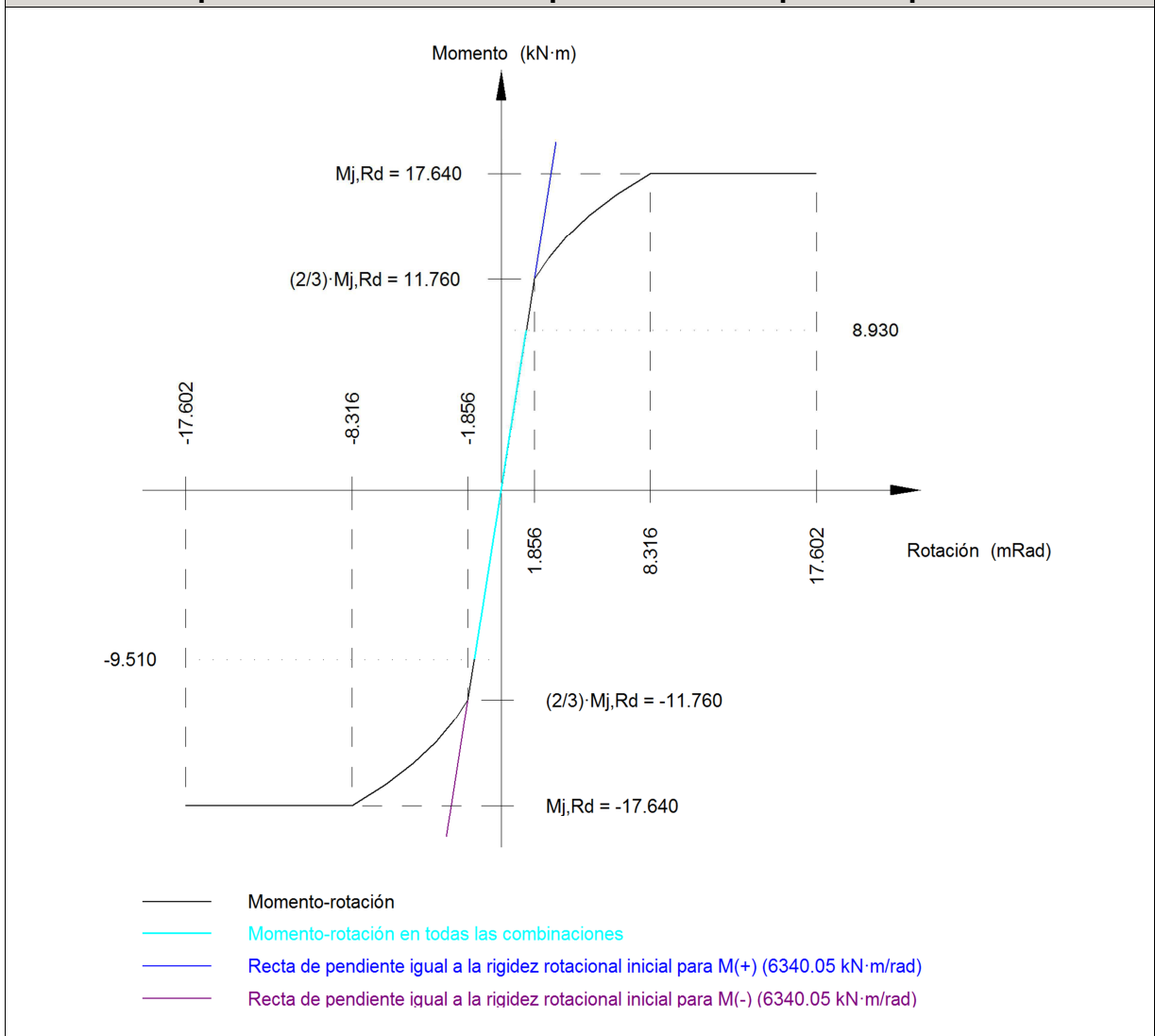
Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	8.267	26.976	30.65	Vástago	48.085	48.557	99.03	93.30	99.03
	Aplastamiento	8.267	91.503	9.04	Punzonamiento	48.085	117.563	40.90		
2	Sección transversal	8.011	26.976	29.70	Vástago	39.761	48.557	81.89	65.45	81.89
	Aplastamiento	8.011	98.400	8.14	Punzonamiento	39.761	117.563	33.82		



Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
3	Sección transversal	9.229	26.976	34.21	Vástago	42.488	48.557	87.50	88.76	88.76
	Aplastamiento	9.229	98.396	9.38	Punzonamiento	42.488	117.563	36.14		
4	Sección transversal	6.793	26.976	25.18	Vástago	25.840	48.557	53.22	54.47	54.47
	Aplastamiento	6.793	98.400	6.90	Punzonamiento	25.840	117.563	21.98		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2949.09	6340.05
Calculada para momentos negativos	2949.09	6340.05

### Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.69	1.80	94.14
Momento resistente	kNm	9.51	17.64	53.90
Capacidad de rotación	mRad	85.200	667	12.78

## 4) Viga (b) IPE 200

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	94.85	95.58	99.24
Ala	Compresión	kN	32.01	73.89	43.32
	Tracción	kN	24.53	111.31	22.04
Alma	Tracción	kN	45.80	82.23	55.70

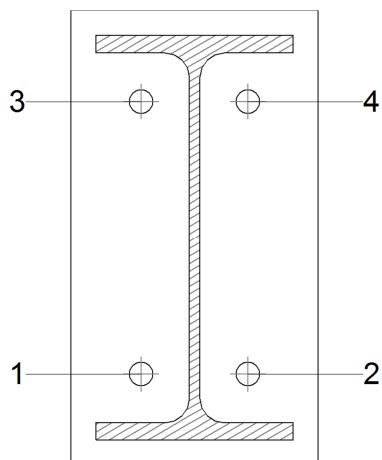
## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	77.80	
Soldadura del alma	En ángulo	3	163	5.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	77.80	

*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	138.5	111.8	17.4	240.0	62.19	138.5	42.24	410.0	0.85
Soldadura del alma	123.8	123.8	3.1	247.6	64.16	123.8	37.73	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	126.9	157.3	16.9	302.0	78.25	138.6	42.26	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos

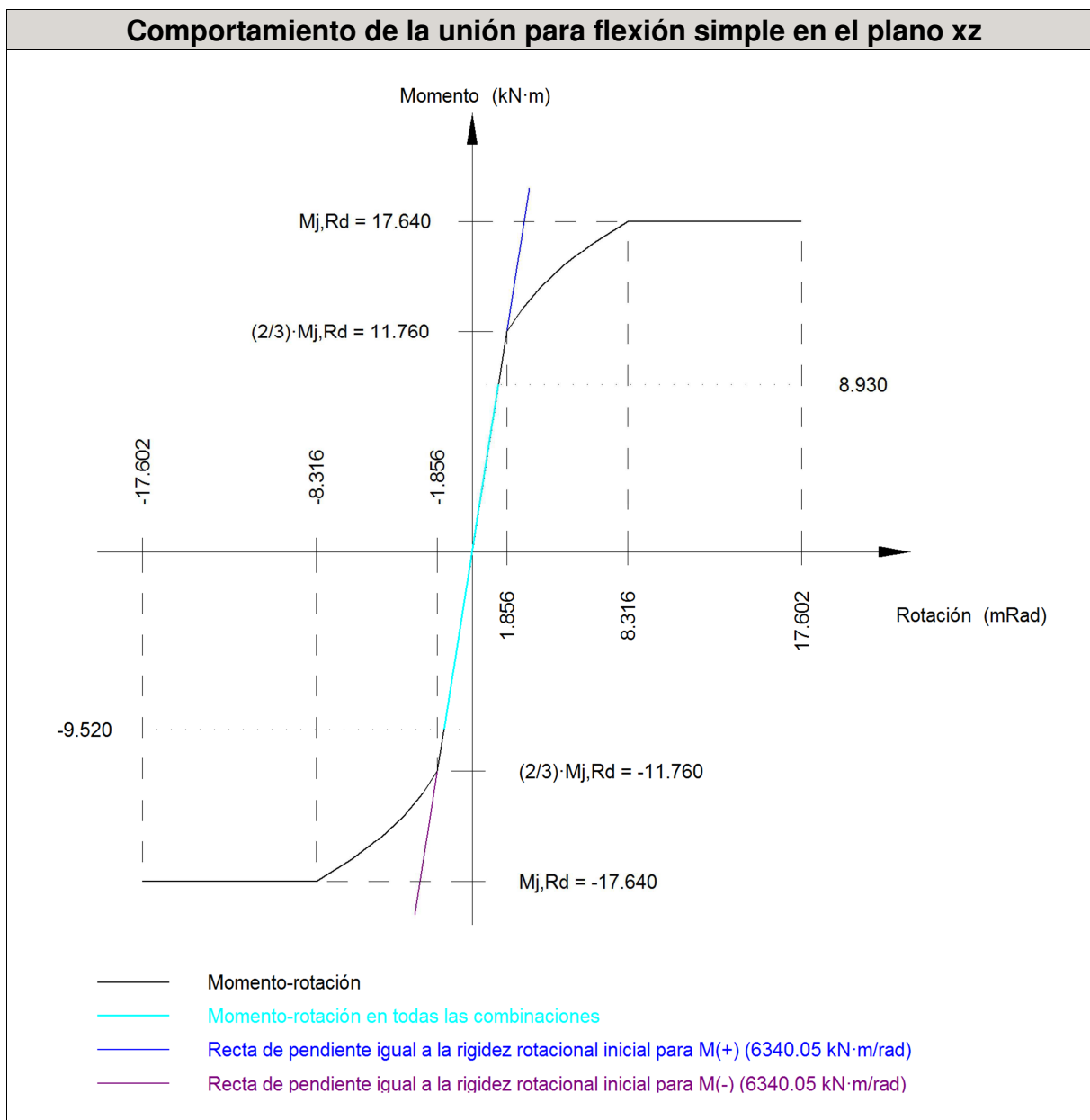


Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0
2	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0
3	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0
4	ISO 4017-M12x40-8.8	13.0	--	36	138	54	24.0

--: 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	8.008	26.976	29.69	Vástago	39.796	48.557	81.96	65.39	81.96
	Aplastamiento	8.008	98.400	8.14	Punzonamiento	39.796	$\frac{117.56}{3}$	33.85		
2	Sección transversal	8.264	26.976	30.64	Vástago	48.189	48.557	99.24	93.43	99.24
	Aplastamiento	8.264	91.497	9.03	Punzonamiento	48.189	$\frac{117.56}{3}$	40.99		
3	Sección transversal	6.796	26.976	25.19	Vástago	25.877	48.557	53.29	54.41	54.41
	Aplastamiento	6.796	98.400	6.91	Punzonamiento	25.877	$\frac{117.56}{3}$	22.01		
4	Sección transversal	9.502	26.976	35.23	Vástago	42.446	48.557	87.42	88.68	88.68
	Aplastamiento	9.502	98.396	9.66	Punzonamiento	42.446	$\frac{117.56}{3}$	36.11		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2949.09	6340.05
Calculada para momentos negativos	2949.09	6340.05



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.69	1.80	94.14
Momento resistente	kNm	9.52	17.64	53.96
Capacidad de rotación	mRad	85.307	667	12.80

➤ Medición

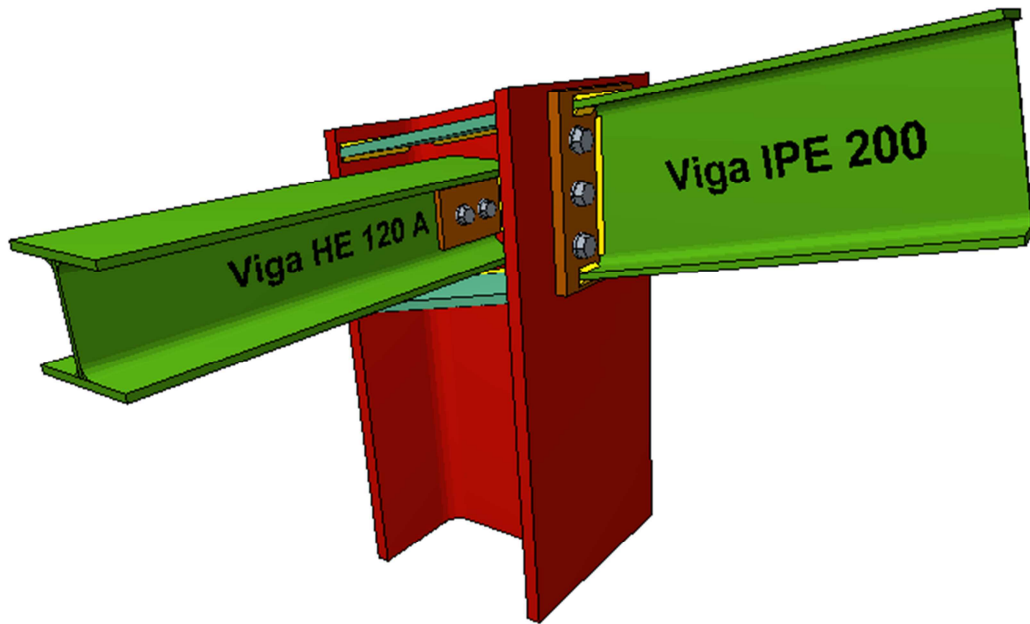
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	5087
			4	2654
			5	140

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	278x180x10 (76+126+76x108+72x10)	13.13
	Chapas	2	180x185x6	3.15
		1	110x70x8	0.48
		4	125x230x10	9.03
	Total			

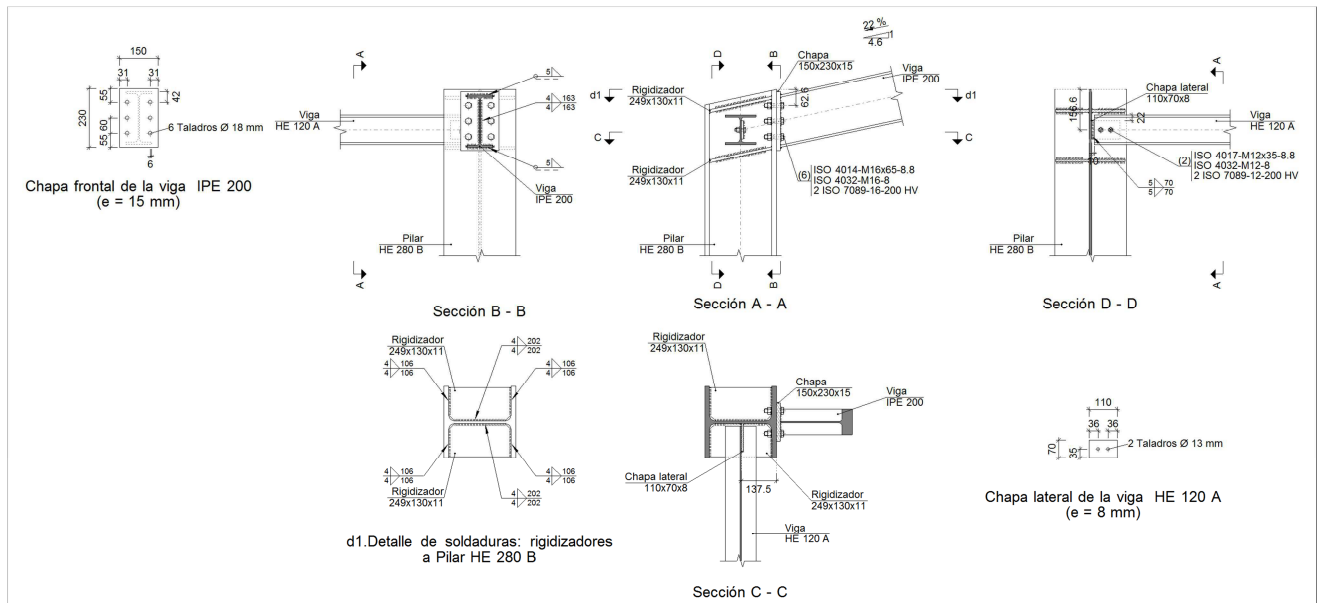
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M12x35
		8	ISO 4017-M12x40
Tuercas	Clase 8	10	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	20	ISO 7089-12

Pilar Largo-Dintel-Viga de atado pórticos: (N2, N32)

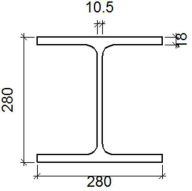
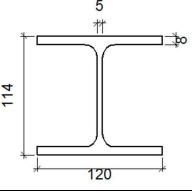
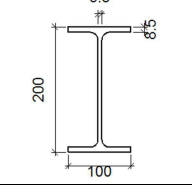
➤ Vista 3D

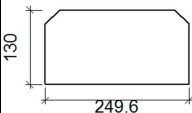
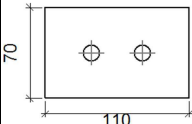
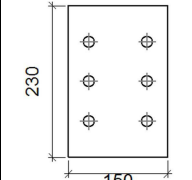


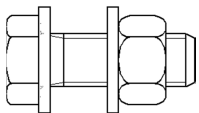
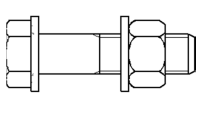
➤ Detalle



➤ 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 280 B		280	280	18	10.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 120 A		114	120	8	5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 200		200	100	8.5	5.6	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)
Rigidizador		249.6	130	11	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga HE 120 A		110	70	8	2	13	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga IPE 200		150	230	15	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-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltz	--	--	--	35.91	
	Cortante	kN	67.96	295.68	22.98	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	52.95	261.90	20.22	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	86.85	261.90	33.16	
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>	85.51	261.90	32.65	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	17.78	261.90	6.79	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	19.54	261.90	7.46	
Viga IPE 200	Ala	Tracción por flexión	kN	116.85	180.86	64.61
		Tracción	kN	18.99	186.05	10.21
	Alma	Tracción	kN	72.96	166.27	43.88
Viga HE 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	50.80	322.36	15.76
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	50.80	83.33	60.96



## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	106	11.0	77.80				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	202	10.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	106	11.0	77.80				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	202	10.5	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	106	11.0	77.80				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	202	10.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	106	11.0	77.80				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	202	10.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	45.7	56.6	0.9	108.2	28.05	45.7	13.94	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	16.0	27.7	7.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	74.8	92.8	4.4	177.4	45.97	74.8	22.82	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	23.4	40.5	10.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	46.5	57.7	0.9	110.2	28.56	46.5	14.19	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	16.2	28.1	7.29	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	73.7	91.3	4.4	174.7	45.26	73.7	22.46	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	23.1	40.1	10.39	0.0	0.00	410.0	0.85

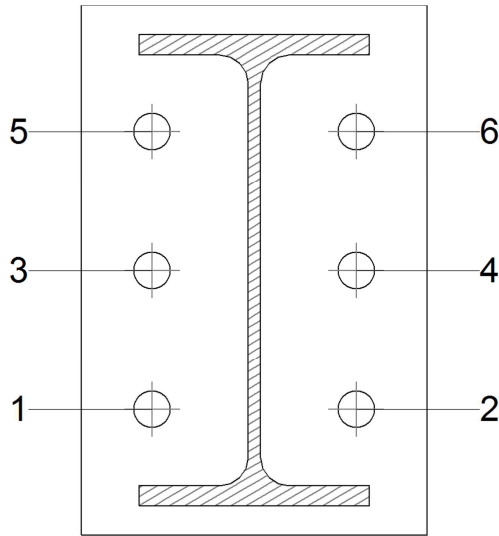
## 2) Viga IPE 200

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	65.19	93.07	70.04
Ala	Compresión	kN	131.64	227.76	57.80
	Tracción	kN	33.63	111.31	30.21
Alma	Tracción	kN	65.19	88.68	73.51

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	100	8.5	77.80				
Soldadura del alma	En ángulo	4	163	5.6	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	100	8.5	77.80				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del ala superior	78.9	97.8	1.0	186.9	48.44	80.8	24.63	410.0	0.85
Soldadura del alma	121.3	121.3	21.7	245.4	63.59	121.3	36.97	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	155.0	125.1	5.6	266.6	69.08	155.0	47.26	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



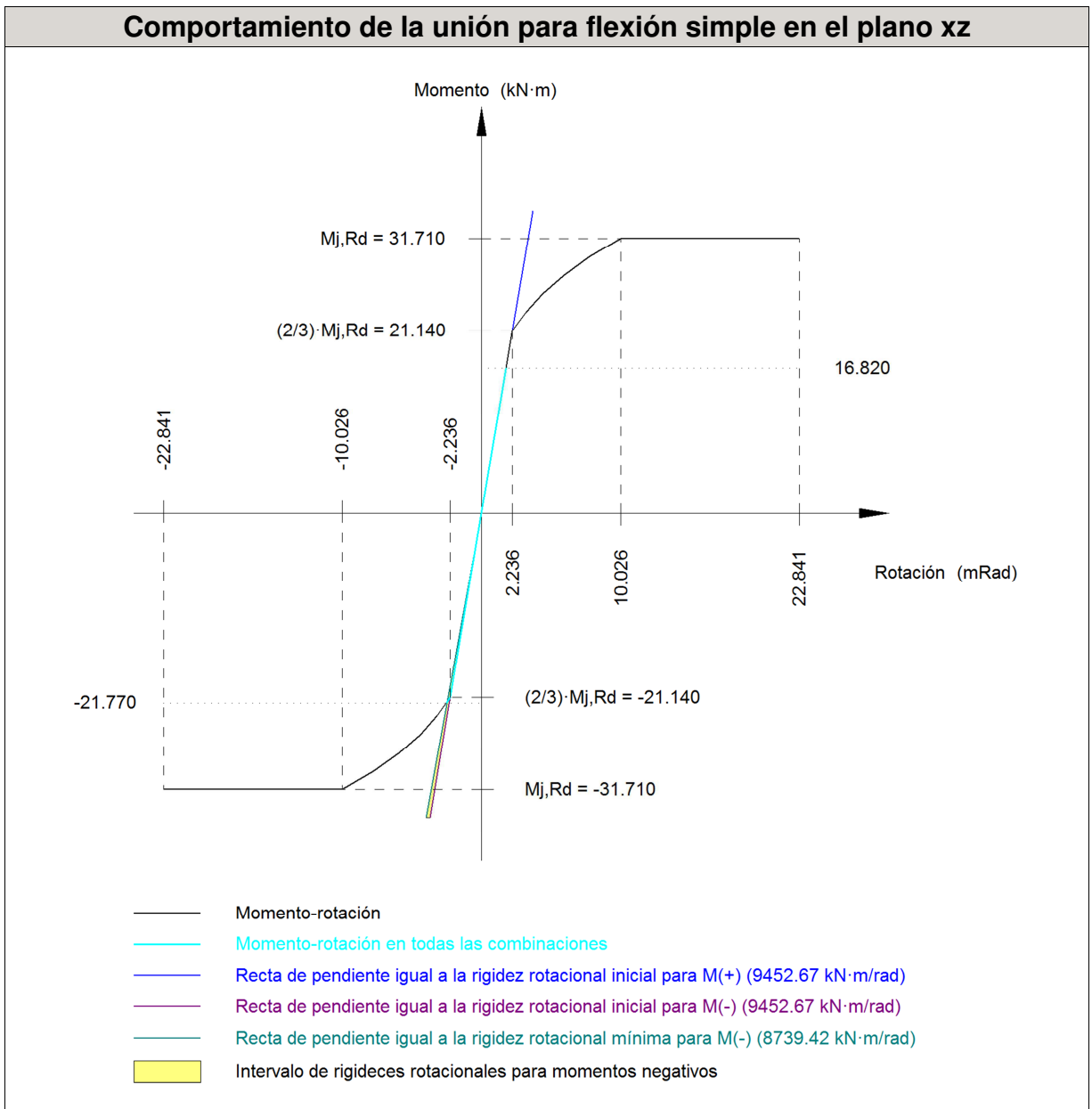
Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	31	60	89	30.8
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	31	60	89	30.8
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	31	60	89	30.8
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	31	60	89	30.8
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	31	60	89	30.4
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	31	60	89	30.4

--: 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. (%)		
1	Sección transversal	18.754	64.340	29.15	Vástago	61.449	90.432	67.95	56.45	67.95
	Aplastamiento	18.754	170.868	10.98	Punzonamiento	61.449	235.327	26.11		
2	Sección transversal	8.861	64.340	13.77	Vástago	61.275	90.432	67.76	55.96	67.76
	Aplastamiento	6.907	112.535	6.14	Punzonamiento	61.275	235.327	26.04		
3	Sección transversal	6.233	64.340	9.69	Vástago	55.419	90.432	61.28	51.61	61.28
	Aplastamiento	6.233	192.329	3.24	Punzonamiento	55.419	235.327	23.55		
4	Sección transversal	5.811	64.340	9.03	Vástago	55.138	90.432	60.97	51.03	60.97
	Aplastamiento	5.811	112.627	5.16	Punzonamiento	55.138	235.327	23.43		
5	Sección transversal	5.230	64.340	8.13	Vástago	38.656	90.432	42.75	35.43	42.75
	Aplastamiento	4.997	172.619	2.89	Punzonamiento	38.656	235.327	16.43		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
6	Sección transversal	4.762	64.340	7.40	Vástago	38.779	90.432	42.88	34.54	42.88
	Aplastamiento	4.719	112.920	4.18	Punzonamiento	38.779	235.327	16.48		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2936.23	9452.67
Calculada para momentos negativos	2936.23	9452.67



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.47	1.80	81.89
Momento resistente	kNm	21.77	31.71	68.63
Capacidad de rotación	mRad	109.036	667	16.36

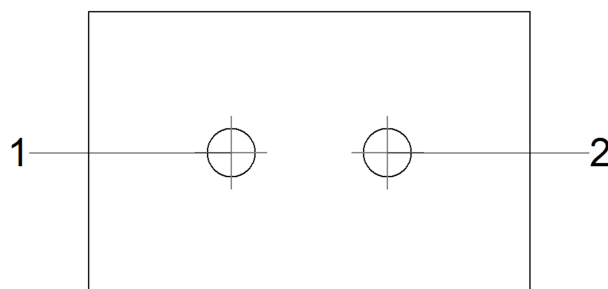
## 3) Viga HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.67
	Tensiones combinadas	--	--	--	36.49
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	95.55	241.30	39.60
	Aplastamiento	kN	25.40	59.04	43.03
	Desgarro	kN	50.80	68.95	73.68
Alma	Aplastamiento	kN	25.41	36.91	68.85
	Desgarro	kN	50.80	95.43	53.24

## 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	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	51.3	51.3	0.6	102.6	26.60	51.3	15.65	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	26	--	39	35.0
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	36	--	39	35.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	25.412	26.976	94.20	Vástago	0.000	48.557	0.00	94.20	94.20
	Aplastamiento	25.412	71.654	35.46	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		
2	Sección transversal	25.404	26.976	94.17	Vástago	0.000	48.557	0.00	94.17	94.17
	Aplastamiento	25.404	59.042	43.03	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		

➤ Medición

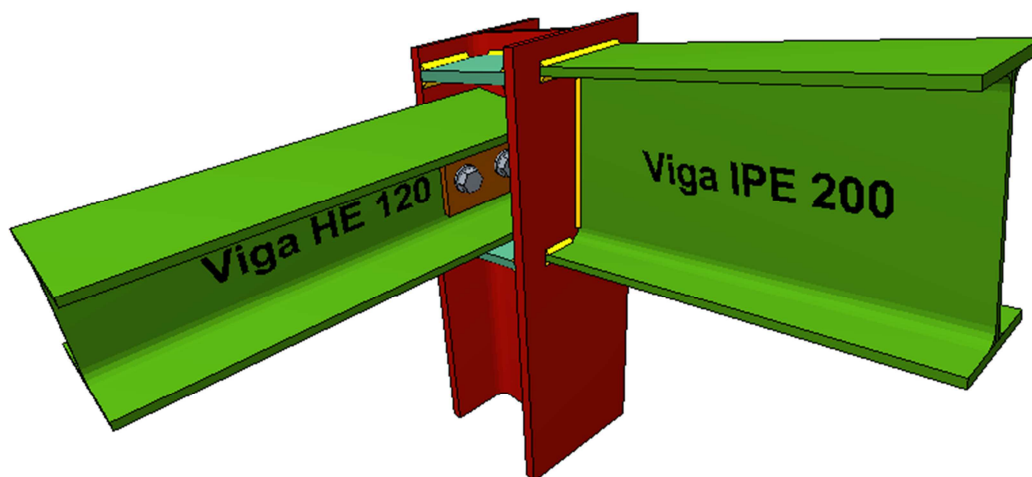
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	3634
			5	516

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	249x130x11	11.21
	Chapas	1	110x70x8	0.48
		1	150x230x15	4.06
	Total			

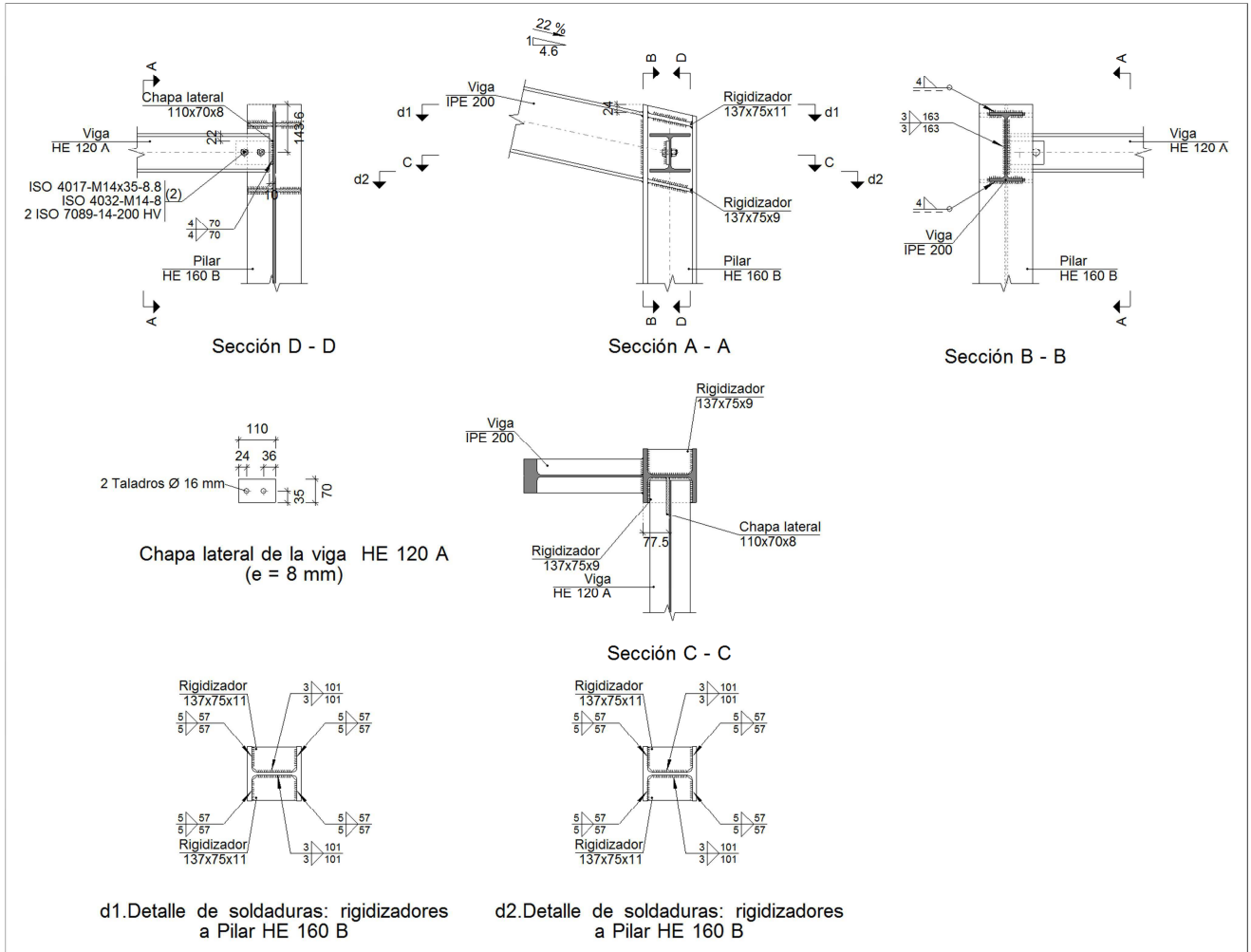
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	6	ISO 4014-M16x65
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
		6	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12
		12	ISO 7089-16

**Pilar Corto-Dintel-Viga de atado pórticos: (N4, N34)**

➤ Vista 3D



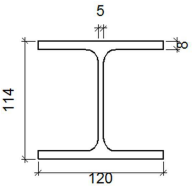
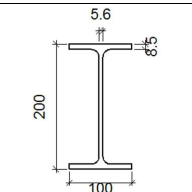
➤ Detalle

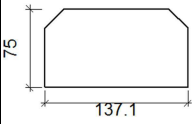
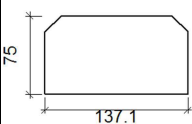
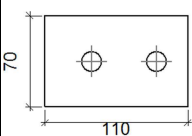


➤ Descripción de los componentes de la unión

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 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0



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	HE 120 A		114	120	8	5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 200		200	100	8.5	5.6	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)
Rigidizador		137.1	75	11	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		137.1	75	9	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga HE 120 A		110	70	8	2	16	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4017-M14x35-8.8 ISO 4032-M14-8 2 ISO 7089-14-200 HV		M14	35	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

## 1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	25.89	
	Cortante	kN	122.66	225.28	54.45	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	77.56	261.90	29.61	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	85.41	261.90	32.61	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	67.73	261.90	25.86	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	91.11	261.90	34.79	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	96.30	261.90	36.77	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	67.42	261.90	25.74	
Viga HE 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	58.72	245.61	23.91
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	58.72	60.71	96.73

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	57	11.0	77.80	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	101	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	60	9.0	77.80	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	107	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	57	11.0	77.80	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	101	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	60	9.0	77.80	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	107	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> )	$\tau_{\parallel}$ (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	53.4	66.2	3.5	126.7	32.83	53.4	16.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	58.8	101.8	26.39	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	60.3	74.7	2.9	142.8	37.00	60.3	18.37	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	40.4	70.0	18.13	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	46.6	57.8	3.5	110.6	28.66	46.6	14.22	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	51.4	89.1	23.08	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	63.5	78.7	9.7	151.3	39.21	63.5	19.36	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	42.8	74.1	19.19	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga IPE 200

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	77.80	
Soldadura del alma	En ángulo	3	163	5.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	77.80	

*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	103.9	83.8	4.7	178.7	46.31	103.9	31.67	410.0	0.85
Soldadura del alma	67.9	67.9	20.0	140.1	36.31	68.2	20.80	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	84.9	105.2	7.5	201.4	52.19	93.6	28.55	410.0	0.85

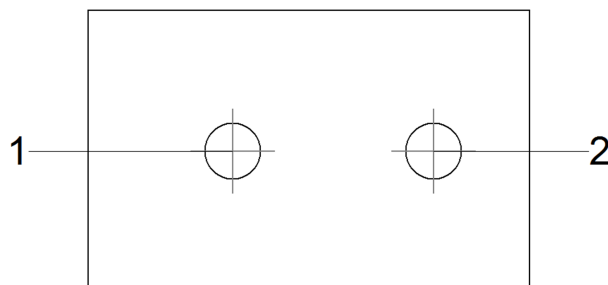
## 3) Viga HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.67
	Tensiones combinadas	--	--	--	42.20
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	110.51	240.62	45.93
	Aplastamiento	kN	29.37	68.88	42.64
	Desgarro	kN	58.73	65.32	89.90
Alma	Aplastamiento	kN	29.37	45.45	64.63
	Desgarro	kN	58.73	99.59	58.97

## 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	4	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	74.2	74.2	0.7	148.3	38.43	74.2	22.61	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M14x35-8.8	16.0	35	26	--	50	35.0
2	ISO 4017-M14x35-8.8	16.0	35	24	--	50	24.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	29.370	36.800	79.81	Vástago	0.000	66.240	0.00	79.81	79.81
	Aplastamiento	29.370	68.879	42.64	Punzonamiento	0.000	68.566	0.00		
2	Sección transversal	29.363	36.800	79.79	Vástago	0.000	66.240	0.00	79.79	79.79
	Aplastamiento	29.363	72.706	40.39	Punzonamiento	0.000	68.566	0.00		

➤ Medición

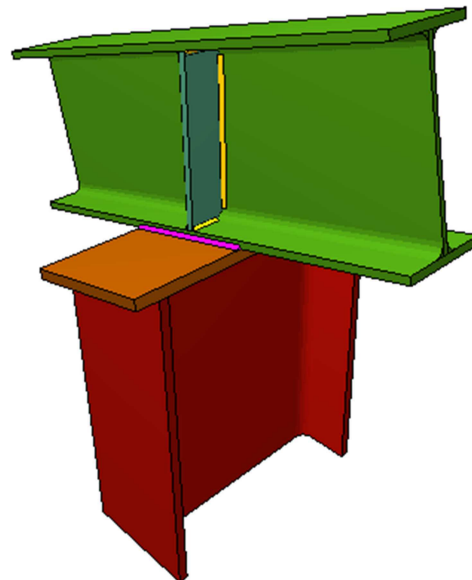
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	730
			4	1424
			5	456

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	137x75x9	1.45
		2	137x75x11	1.78
	Chapas	1	110x70x8	0.48
				Total

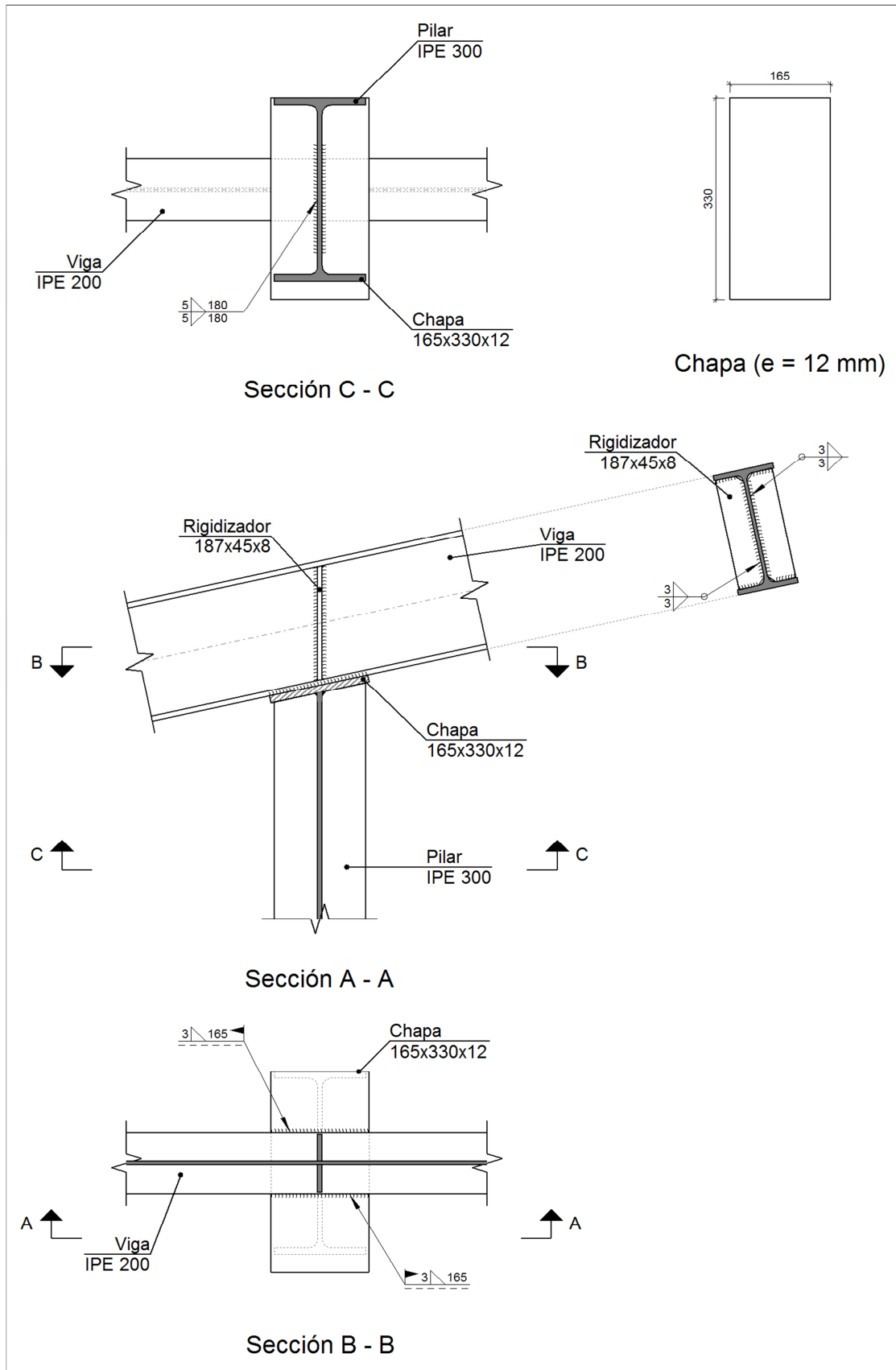
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M14x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M14
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-14

**Pilarillo-Dintel:** (N37, N40, N42, N45)

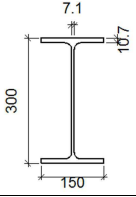
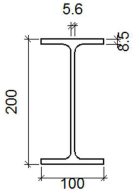
➤ Vista 3D

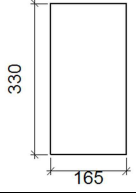
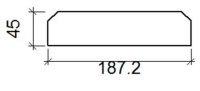


➤ Detalle



➤ 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 300		300	150	10.7	7.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 200		200	100	8.5	5.6	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Esquema	Geometría			Tipo	Acero	
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Chapa frontal		165	330	12	S275	275.0	410.0
Rigidizador		187.2	45	8	S275	275.0	410.0

➤ Comprobación

1) Viga IPE 200

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	19.94	216.81	9.20
	Tracción	kN	19.94	77.52	25.72



## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	163	5.6	90.00				
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	33	5.6	77.80				
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	En ángulo	3	330	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	20.4	35.3	9.14	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	16.6	16.6	2.3	33.4	8.65	16.6	5.05	410.0	0.85

## 2) Pilar IPE 300

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tensiones combinadas	--	--	--	23.17
Alma	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	58.62	261.90	22.38

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	5	180	7.3	77.80	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Soldadura del alma	12.5	19.6	2.7	36.5	9.45	19.6	5.97	410.0	0.85

➤ Medición

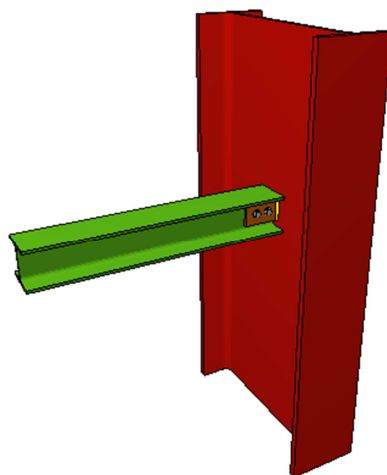
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	917
			5	360
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	330

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	187x45x8	1.06
	Chapas	1	165x330x12	5.13
	Total			

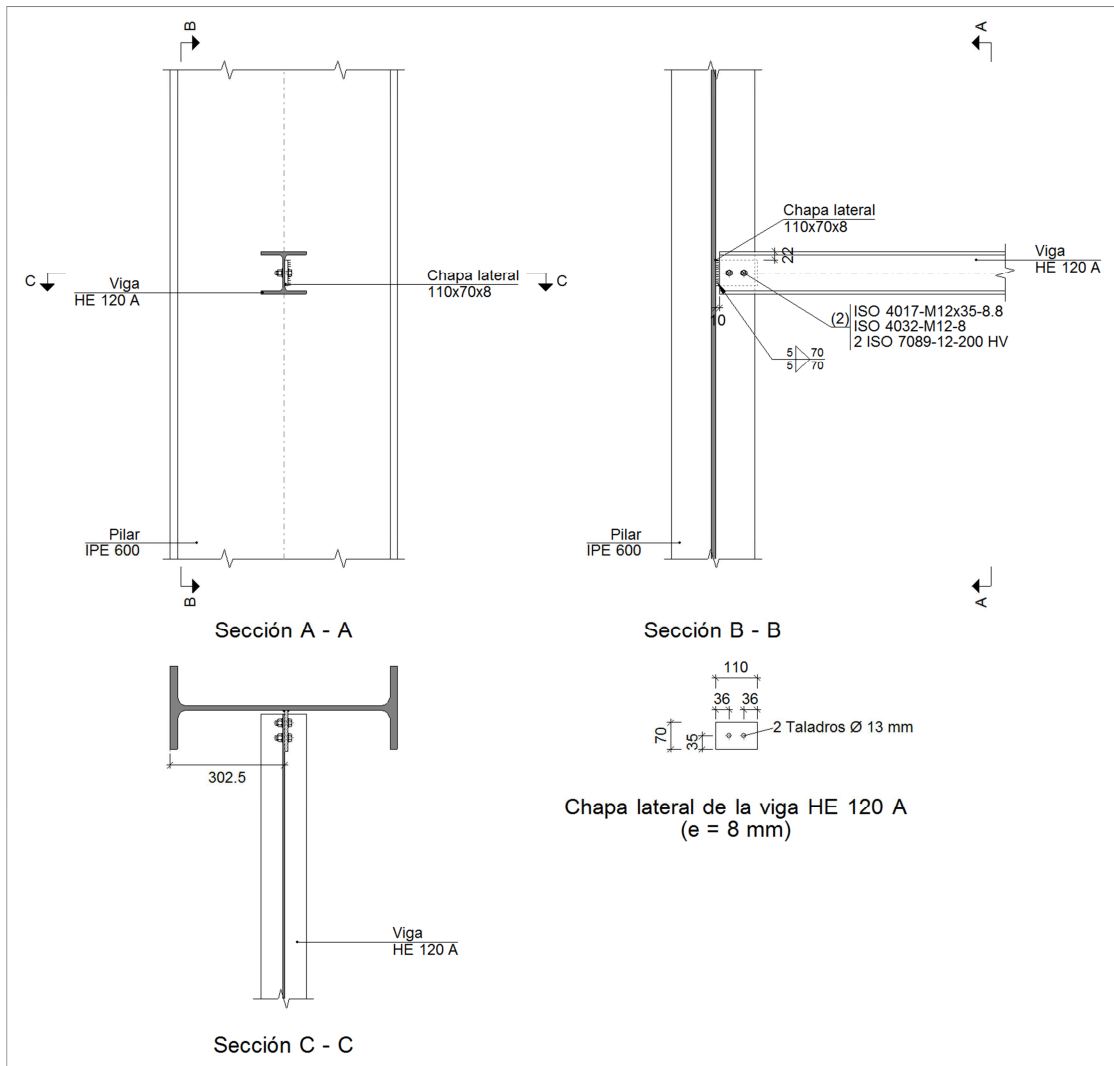
### 7.2.3. Estructura secundaria

#### Bastidor Cruces de San Andres Lateral-Pilar Portico Tipo: (N51, N52)

➤ Vista 3D

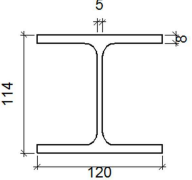


➤ Detalle

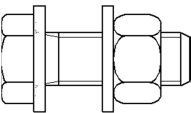


➤ Descripción de los componentes de la unión

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	IPE 600		600	220	19	12	S275	275.0	410.0

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	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	Díámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Chapa lateral: Viga HE 120 A		110	70	8	2	13	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Díámetro	Longitud (mm)	Clase	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0

➤ Comprobación

1) Pilar IPE 600

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga HE 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	46.31	368.41	12.57
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	46.31	170.38	27.18

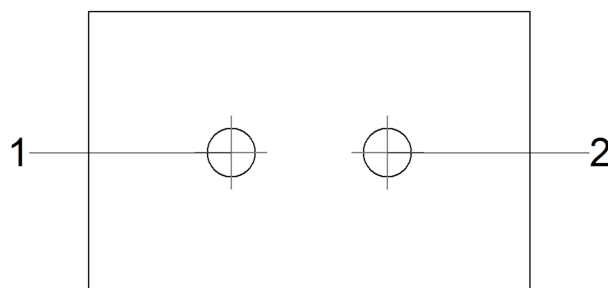
## 2) Viga HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.67
	Tensiones combinadas	--	--	--	33.69
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	88.22	241.30	36.56
	Aplastamiento	kN	23.16	59.04	39.22
	Desgarro	kN	46.31	68.95	67.17
Alma	Aplastamiento	kN	23.17	36.91	62.77
	Desgarro	kN	46.31	95.43	48.53

## 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	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	46.8	46.8	0.6	93.6	24.25	46.8	14.26	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	35	26	--	39	35.0
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	36	--	39	35.0

--: 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	23.168	26.976	85.88	Vástago	0.000	48.557	0.00	85.88	85.88
	Aplastamiento	23.168	71.654	32.33	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		
2	Sección transversal	23.158	26.976	85.85	Vástago	0.000	48.557	0.00	85.85	85.85
	Aplastamiento	23.158	59.042	39.22	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		

➤ Medición

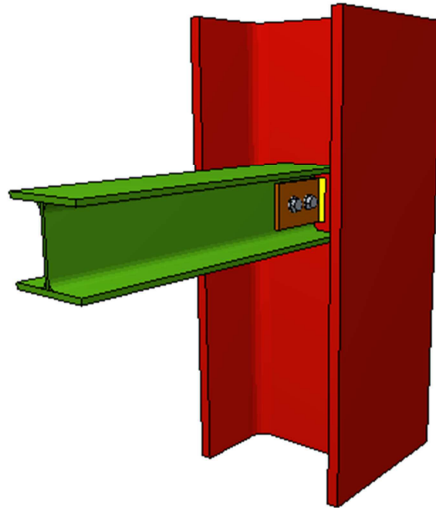
Soldaduras				
f <sub>u</sub> (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	140

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	110x70x8	0.48
				Total

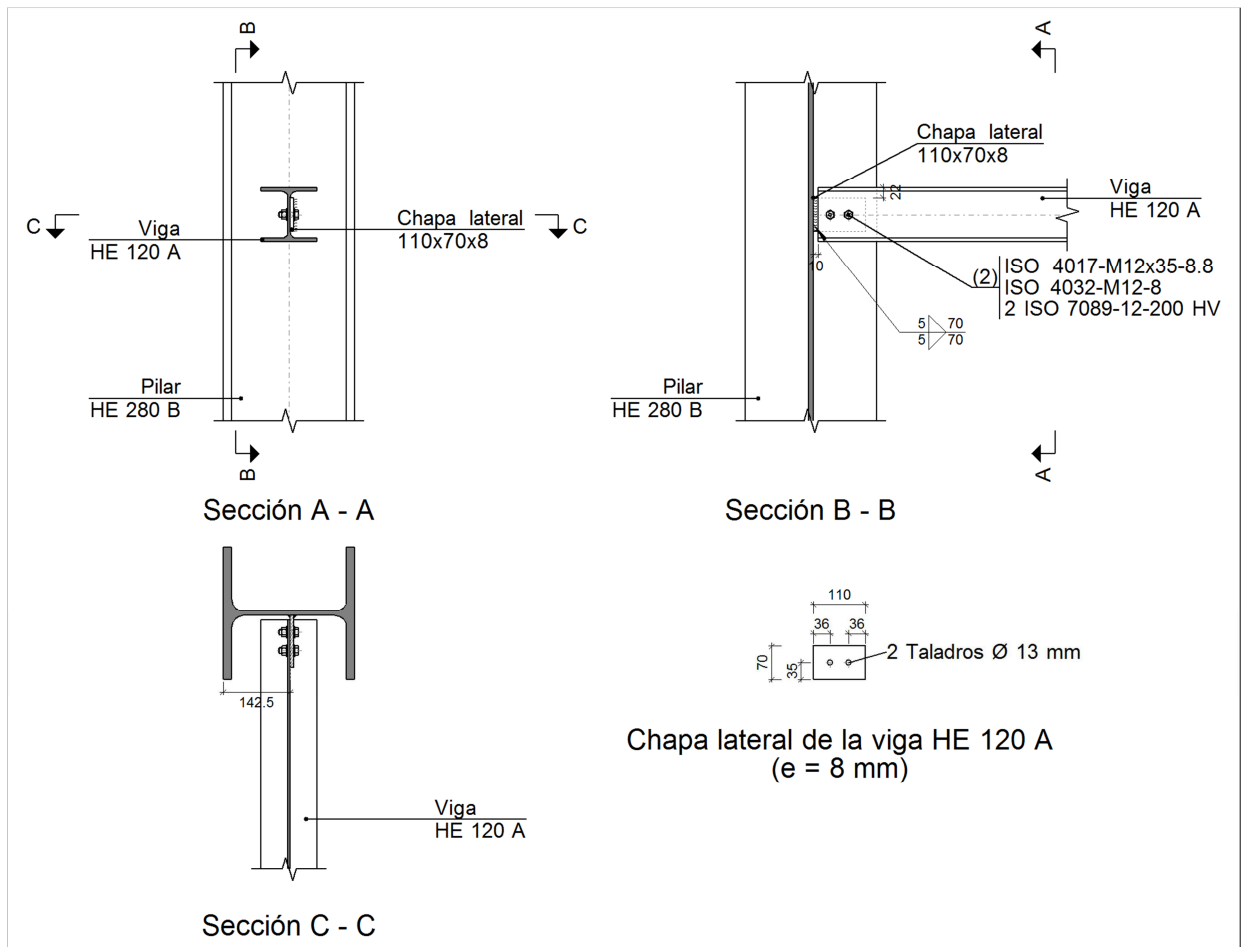
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12

**Bastidor Cruces de San Andres Lateral-Pilar Portico Hastial: (N50, N53)**

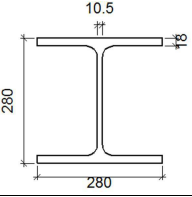
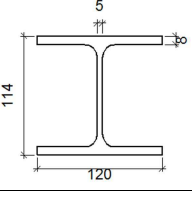
➤ Vista 3D



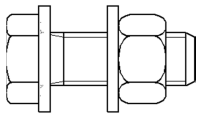
➤ Detalle



➤ 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 280 B		280	280	18	10.5	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)
Chapa lateral: Viga HE 120 A		110	70	8	2	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 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0



➤ Comprobación

## 1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga HE 120 A	Alma	Punzonamiento	kN	46.31	322.36	14.37
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	46.31	145.19	31.90

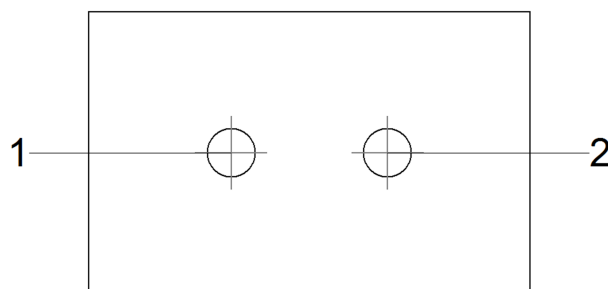
## 2) Viga HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.67
	Tensiones combinadas	--	--	--	33.69
	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	88.22	241.30	36.56
	Aplastamiento	kN	23.16	59.04	39.22
	Desgarro	kN	46.31	68.95	67.17
Alma	Aplastamiento	kN	23.17	36.91	62.77
	Desgarro	kN	46.31	95.43	48.53

## 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	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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.	46.8	46.8	0.6	93.6	24.25	46.8	14.26	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	26	--	39	35.0
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	36	--	39	35.0

--: 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	23.168	26.976	85.88	Vástago	0.000	48.557	0.00	85.88	85.88
	Aplastamiento	23.168	71.654	32.33	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		
2	Sección transversal	23.158	26.976	85.85	Vástago	0.000	48.557	0.00	85.85	85.85
	Aplastamiento	23.158	59.042	39.22	Punzonamiento	0.000	58.782	0.00		

➤ Medición

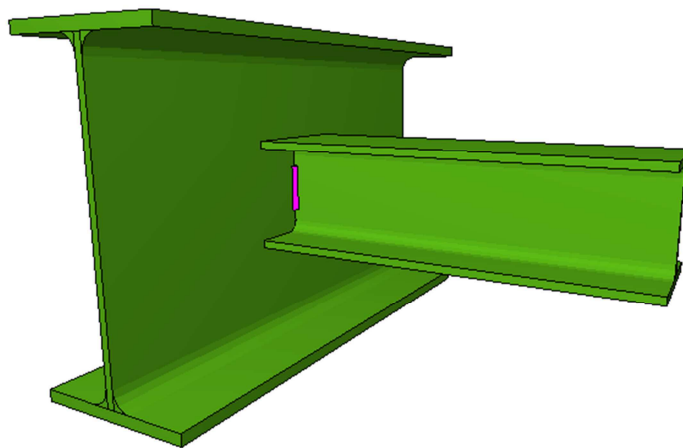
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	140

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	110x70x8	0.48
				Total

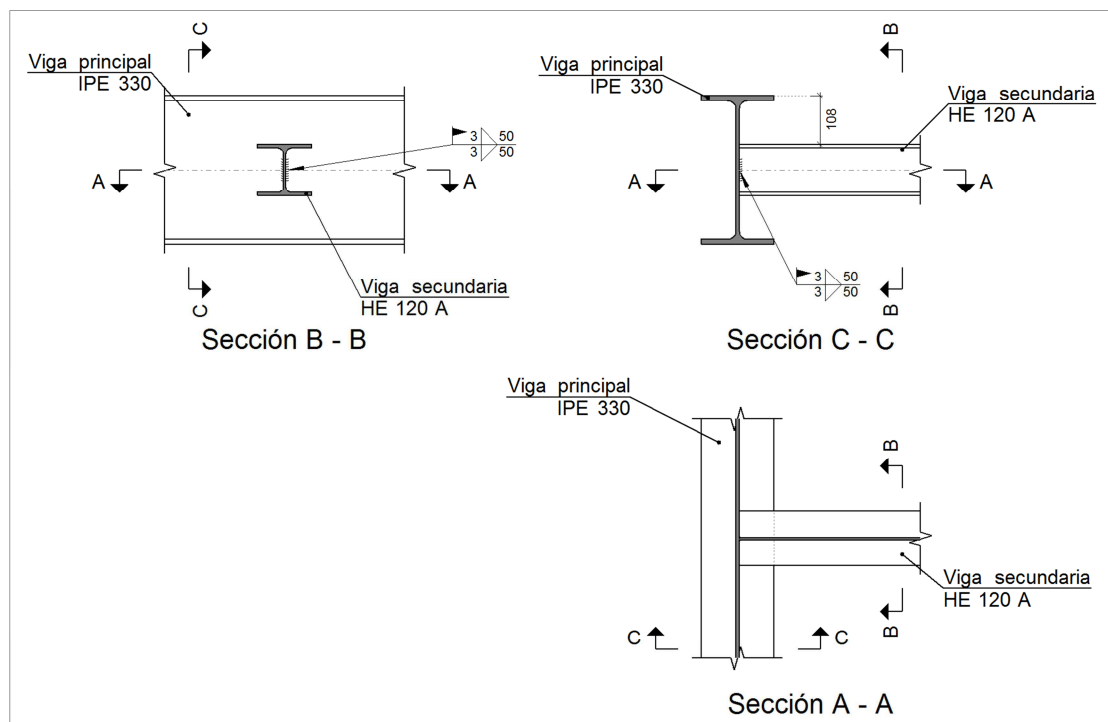
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12

### Bastidor Cruces de San Andres Cubierta-Dintel: (N46, N47, N48, N49)

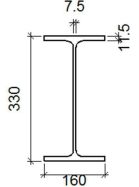
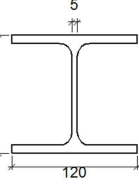
#### ➤ Vista 3D



#### ➤ Detalle



➤ Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Canto total (mm)	Geometría			Acero		
				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	HE 120 A		114	120	8	5	S275	275.0	410.0

➤ Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.90	37.12	2.43
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.90	66.59	1.35

2) Viga secundaria HE 120 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	218.62	261.90	83.47

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	5.0	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> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	73.4	75.3	1.3	149.7	38.79	75.3	22.96	410.0	0.85

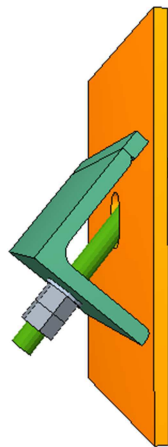
➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	100

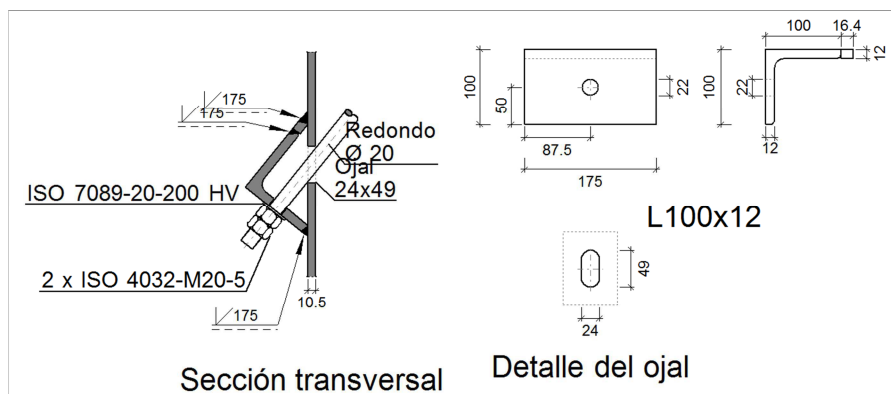
**Perfiles angulares Cruces de San Andrés:**

**Lateral. Tipo 1. (N1, N2, N31, N32, N50, N53)**

➤ Vista 3D



➤ Detalle



➤ Comprobación

1) L100x12 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	40.29	277.62	14.51
Flector	--	--	--	70.59

## 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		11		175				
<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> )	$\tau_{\parallel}$ (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

➤ Medición

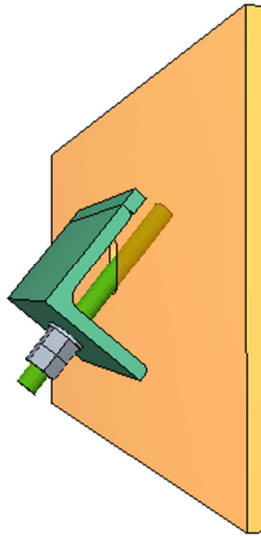
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	12	525

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L100x12	175	3.10
			Total	3.10

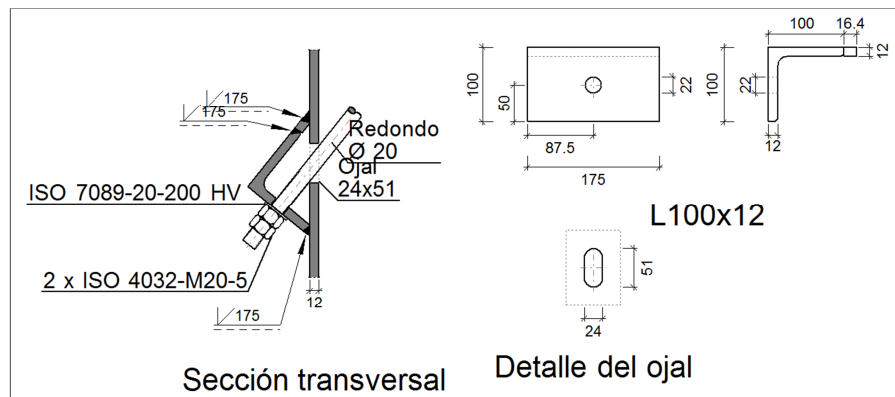
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-20

### Lateral. Tipo 2. (N6, N7, N26, N27, N51, N52)

➤ Vista 3D



➤ Detalle



➤ Comprobación

1) L100x12 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	40.29	277.62	14.51
Flector	--	--	--	70.59

## 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		12		175				
<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> )	$\tau_{\parallel}$ (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

➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	12	525

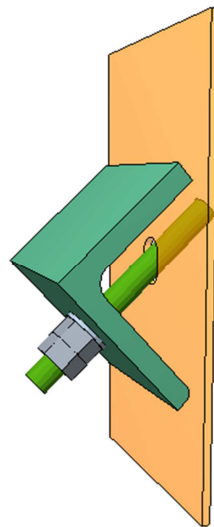
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L100x12	175	3.10
			Total	3.10



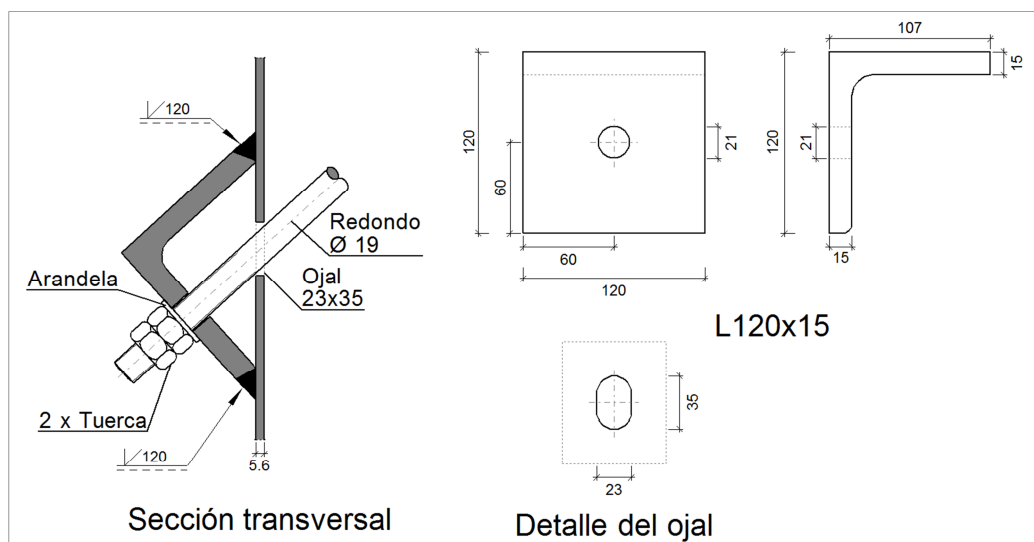
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-20

### Cubierta. Tipo 1. (N2, N4, N32, N34, N37, N40, N42, N45)

#### ➤ Vista 3D



#### ➤ Detalle



➤ Comprobación

1) L120x15 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	28.95	224.55	12.89
Flector	--	--	--	68.84

## 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		120				
<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> )	$\tau_{\parallel}$ (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

➤ Medición

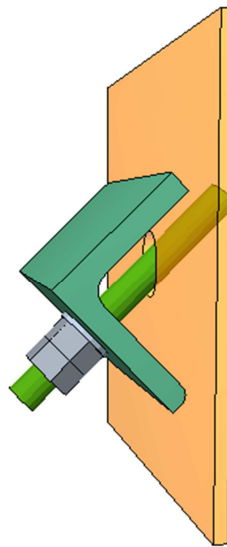
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	15	240

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L120x15	120	3.18
			Total	3.18

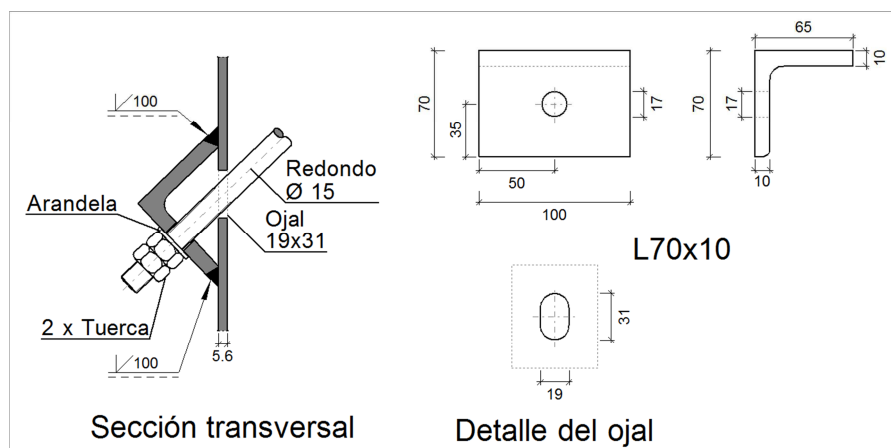
Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T19
Arandelas	1	A19

### Cubierta. Tipo 2. (N5, N35, N37, N40, N42, N45)

#### ➤ Vista 3D



#### ➤ Detalle



➤ Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	20.37	125.50	16.23
Flector	--	--	--	66.65

## 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		100				
<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> )	$\tau_{\parallel}$ (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

➤ Medición

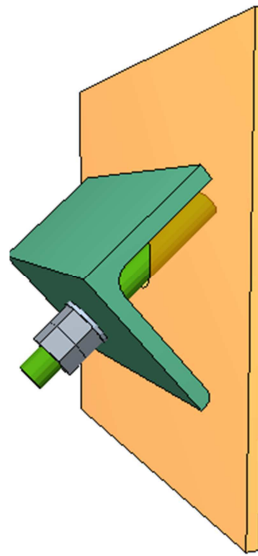
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	200

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	100	1.02
			Total	1.02

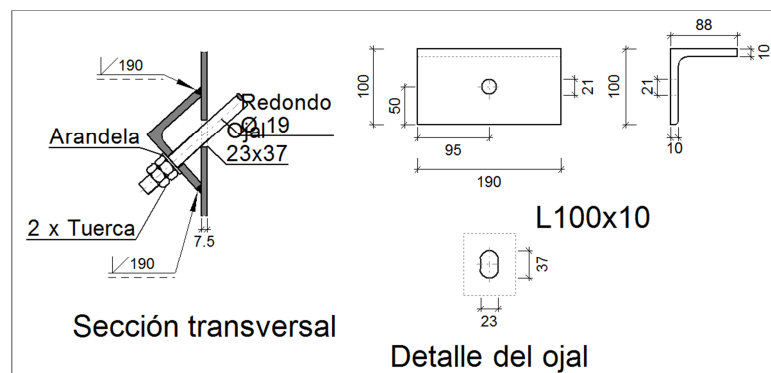
Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T15
Arandelas	1	A15

### Cubierta. Tipo 3. (N7, N9, N27, N29, N46, N47, N48, N49)

#### ➤ Vista 3D



#### ➤ Detalle



➤ Comprobación

1) L100x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	30.33	255.55	11.87
Flector	--	--	--	85.02

## 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		8		190				
<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> )	$\tau_{\parallel}$ (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

➤ Medición

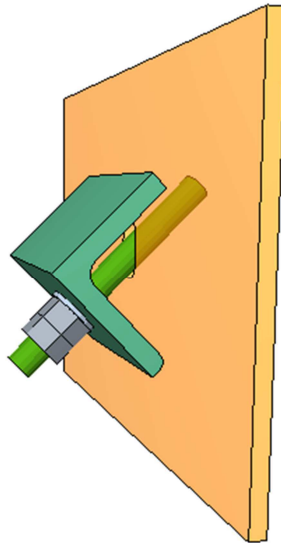
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	380

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L100x10	190	2.83
			Total	2.83

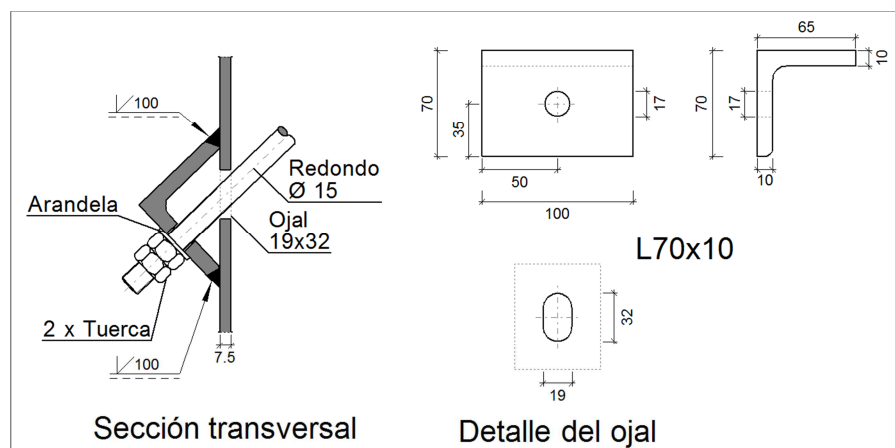
Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T19
Arandelas	1	A19

### Cubierta. Tipo 4. (N10, N30, N46, N47, N48, N49)

#### ➤ Vista 3D



#### ➤ Detalle



➤ Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	20.37	125.50	16.23
Flector	--	--	--	66.65

## 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		100				
<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> )	$\tau_{\parallel}$ (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

➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	200

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	100	1.02
			Total	1.02



Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T15
Arandelas	1	A15

### 7.3. Comprobación en placas de anclaje

Teniendo en cuenta los esfuerzos actuantes no sería posible el asentamiento directo de los pilares metálicos sobre la estructura de hormigón o las zapatas, debiendo realizarse mediante la utilización de placas de anclaje con sus respectivos pernos, que distribuirán los esfuerzos de la base del pilar, disminuyendo así las tensiones para que puedan ser admisibles por el hormigón. El conjunto formado por las placas y rigidizadores deberá ser, por tanto, lo suficientemente rígido para asegurar una correcta transmisión de los esfuerzos.

Todos los pilares metálicos irán empotrados a la estructura de hormigón o a la cimentación. El material utilizado será un acero S-275 para las placas, mientras que los pernos serán barras de acero corrugado B-500-S.

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

#### 1. Hormigón sobre el que apoya la placa

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

#### 2. Pernos de anclaje

a) Resistencia del material de los pernos: Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.

b) Anclaje de los pernos: Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).

c) Aplastamiento: Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

### 3. Placa de anclaje

a) Tensiones globales: En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.

b) Flechas globales relativas: Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que  $1/250$  del vuelo.

c) Tensiones locales: Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

Tras la agrupación de las uniones, previo análisis de las mismas, se tendrán 5 tipologías, con la siguiente disposición:

- GRUPO 1: pilares centrales sobre estructura de hormigón.
- GRUPO 2: pilares hastiales sobre estructura de hormigón.
- GRUPO 3: pilarillos hastiales sobre estructura de hormigón.
- GRUPO 4: pilares centrales sobre cimentación.
- GRUPO 5: pilares hastiales sobre cimentación.

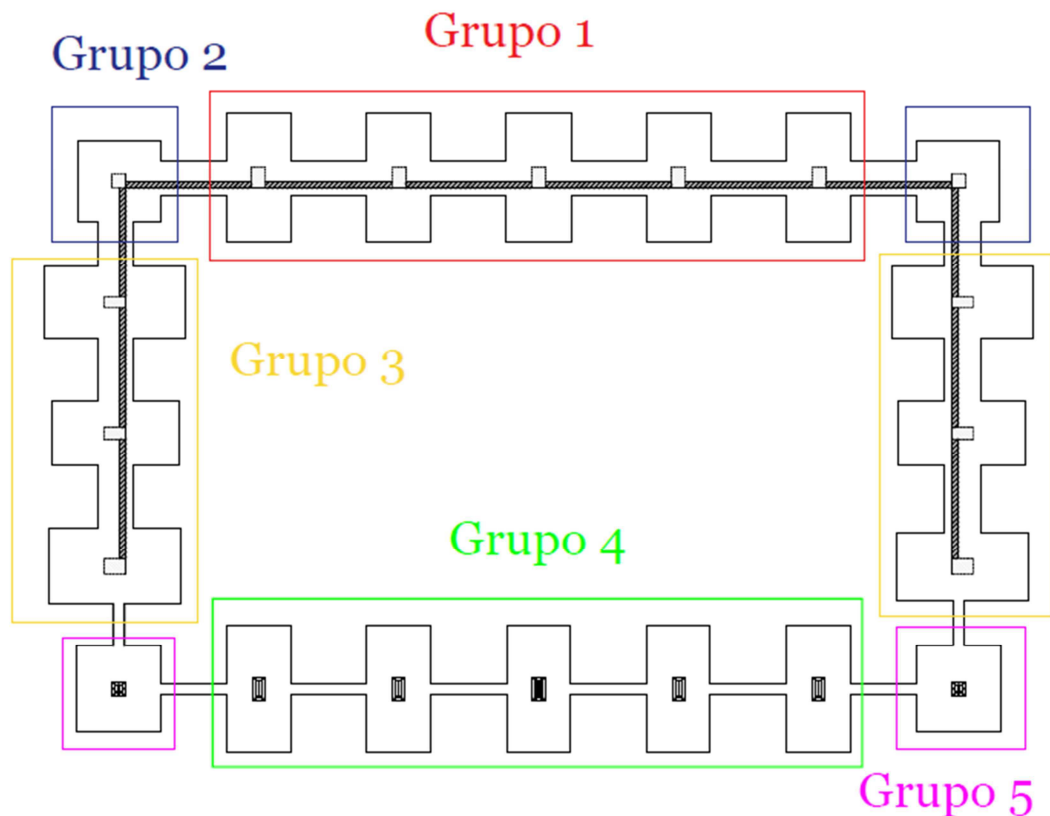


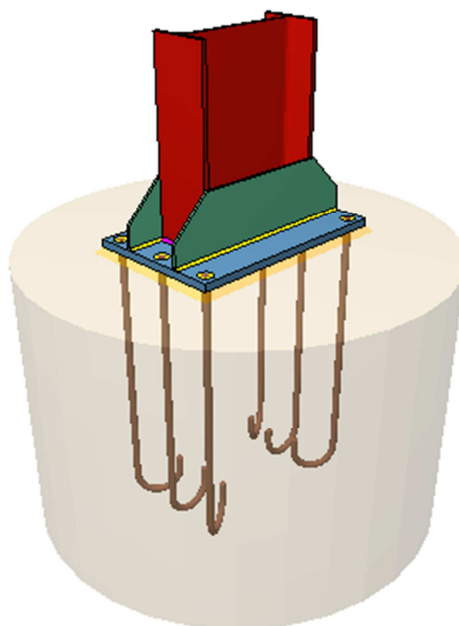
Figura A.29. Tipologías de placas de anclaje

Características					
Grupo	Nudos	Placa Base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
1	N8,N13,N18, N23, N18	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 700 mm Espesor: 25 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x75x9.0)	6Ø25 mm L=75cm Gancho a 180º
2	N8,N13,N18, N23, N18	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: 2(100x35x5.0) Paralelos Y: 1(100x35x5.0)	8Ø14mm L=35cm Gancho a 180º
3	N8,N13,N18, N23, N18	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x55x7.0)	6Ø20mm L=40cm Gancho a 180º
4	N8,N13,N18, N23, N18	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 850 mm Espesor: 30 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x80x9.0)	4Ø32mm L=105cm Gancho a 180º
5	N8,N13,N18, N23, N18	Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 25 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x45x7.0)	8Ø25mm L=55cm Gancho a 180º

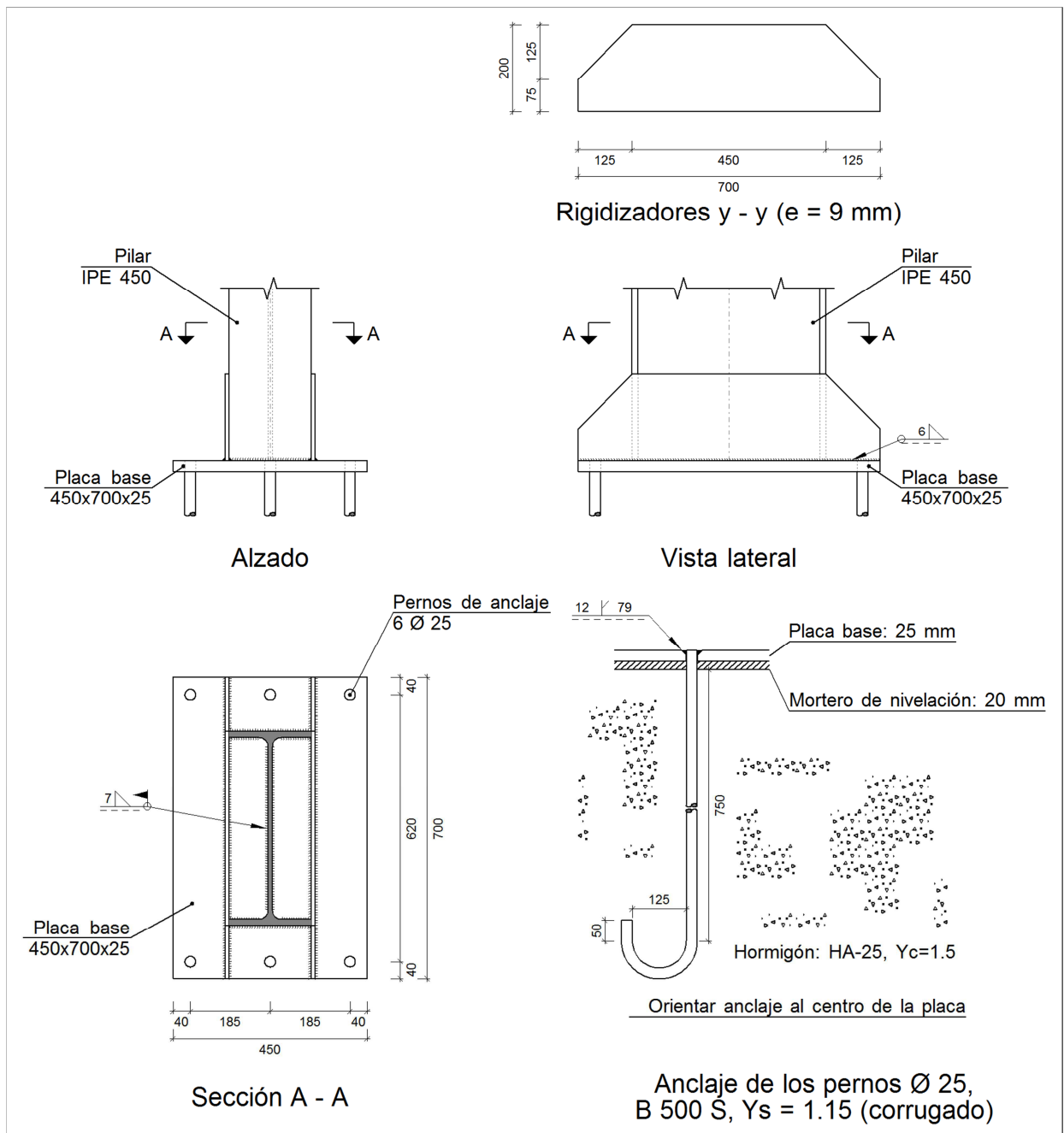
El cálculo de éstas se ha realizado mediante el modulo "CYPE 3D". A continuación se adjuntan los listados que CYPE ofrece acerca de las comprobaciones de las placas de anclaje así como la vista 3D de las mismas. Al igual que ocurría con las comprobaciones de las barras, dado el largo alcance de los listados, se mostrarán únicamente las comprobaciones para la placa más desfavorable de cada uno de los 5 grupos.

### GRUPO 1: Pilares centrales sobre estructura de hormigón.

#### ➤ Vista 3D



➤ Detalle



➤ 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	700	25	6	49	27	12	S275	275.0	410.0
Rigidizador		700	200	9	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

➤ Comprobación

## 1) Pilar IPE 450

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1415	9.4	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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> )		
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: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 28 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:  - Cortante:  - Tracción + Cortante:	Máximo: 208.35 kN Calculado: 184.86 kN  Máximo: 145.84 kN Calculado: 14.71 kN  Máximo: 208.35 kN Calculado: 205.88 kN	Cumple  Cumple  Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 196.4 kN Calculado: 170.17 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 349.942 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 327.38 kN Calculado: 13.94 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 121.559 MPa Calculado: 121.559 MPa Calculado: 173.816 MPa Calculado: 181.164 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 3506.14 Calculado: 3506.14 Calculado: 7469.77 Calculado: 7171.12	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 256.062 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 = -100): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	700	9.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 100): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	700	9.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	12	79	25.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Rigidizador y-y (x = -100): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 100): 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	216.7	375.3	97.25	0.0	0.00	410.0	0.85

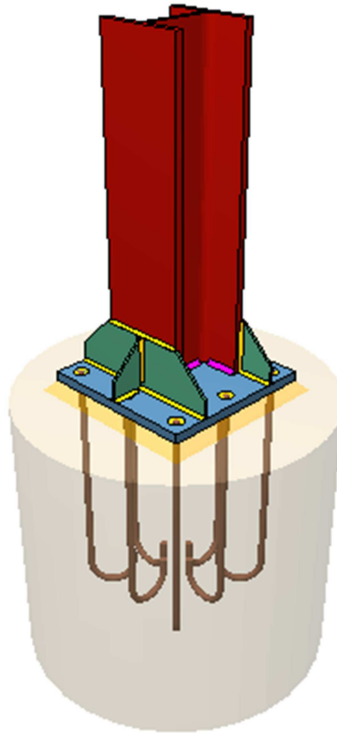
➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	2742
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	12	471
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1415

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x700x25	61.82
	Rigidizadores pasantes	2	700/450x200/75x9	17.57
	Total			79.39
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	6	$\varnothing 25 - L = 820 + 286$	25.56
	Total			25.56

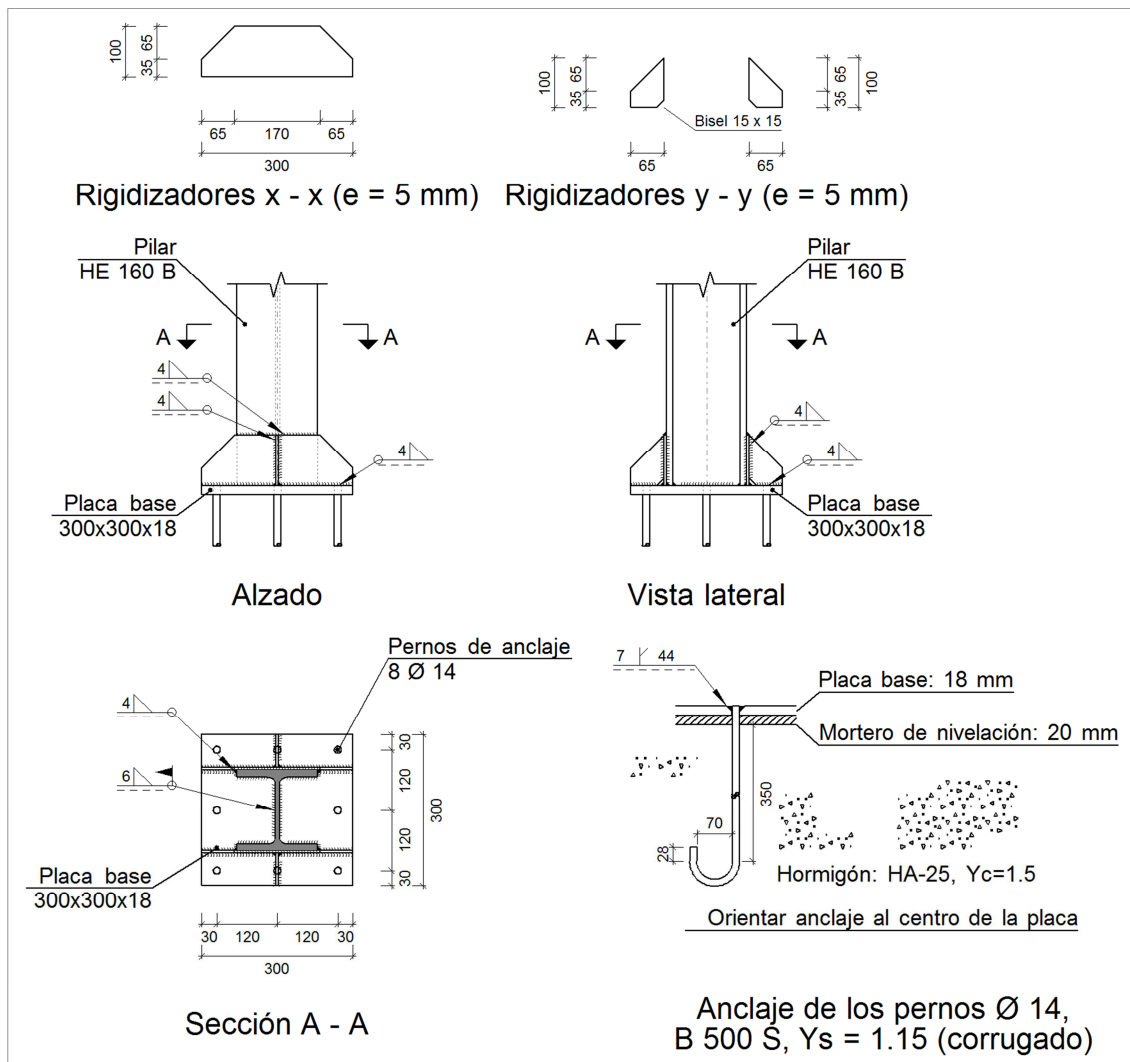
## GRUPO 2: Pilares hastiales sobre estructura de hormigón.

➤ Vista 3D





➤ Detalle



➤ 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 <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		300	300	18	8	28	16	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		300	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios												
Pieza	Esquema	Geometría			Cantidad	Taladros			Bisel (mm)	Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo		$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)	
Rigidizador		65	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0	

➤ Comprobación

## 1) Pilar HE 160 B

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	772	8.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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> )		
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: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 121 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 42.3	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 42.3	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 54.45 kN Calculado: 44.52 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 38.11 kN Calculado: 4.69 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 54.45 kN Calculado: 51.22 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 61.6 kN Calculado: 41.83 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 276.263 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 132 kN Calculado: 4.4 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 85.687 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 85.687 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 161.349 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 156.053 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 17704.7	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 17704.7	Cumple
- Arriba:	Calculado: 8499.72	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8084.31	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 211.776 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 x-x (y = -83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	300	5.0	90.00			
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	100	5.0	90.00			
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura del borde superior a la pieza	En ángulo	4	--	160	5.0	90.00			
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	300	5.0	90.00			
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	100	5.0	90.00			
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura del borde superior a la pieza	En ángulo	4	--	160	5.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	65	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	--	65	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	--	7	44	14.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

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. (%)		
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura del borde superior a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): 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	190.2	329.5	85.38	0.0	0.00	410.0	0.85

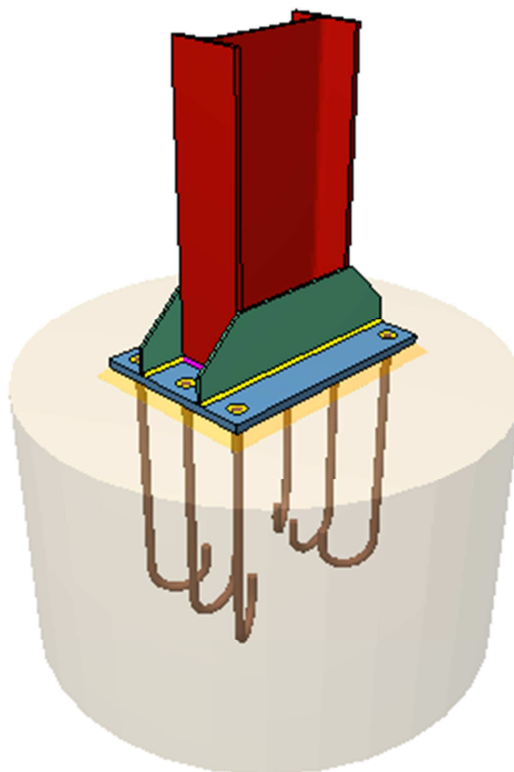
➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1970
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	352
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	772

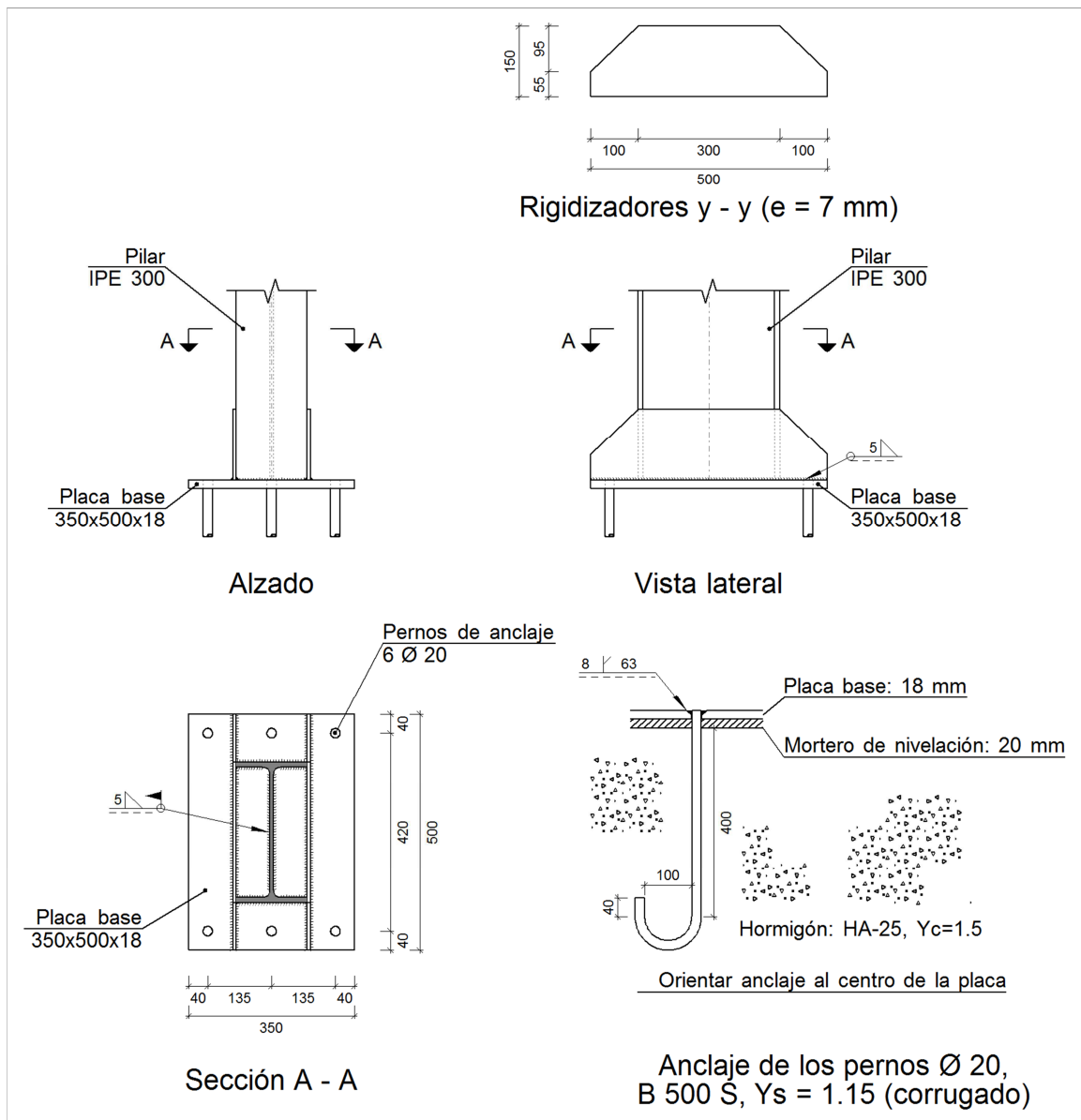
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x300x18	12.72
	Rigidizadores pasantes	2	300/170x100/35x5	2.02
	Rigidizadores no pasantes	2	65/0x100/35x5	0.34
	Total			15.08
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 14 - L = 402 + 160	5.43
	Total			5.43

### GRUPO 3: Pilarillos hastiales sobre estructura de hormigón.

➤ Vista 3D

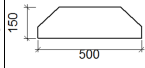


➤ Detalle



➤ Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Esquema	Geometría			Cantidad	Taladros			Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f <sub>v</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		350	500	18	6	36	22	8	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios												
Pieza	Esquema	Geometría			Cantidad	Taladros			Bisel (mm)	Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo		$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)	
Rigidizador		500	150	7	-	-	-	-	S275	275.0	410.0	

➤ Comprobación

## 1) Pilar IPE 300

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	1023	7.1	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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> )		
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: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 135 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.6	Cumple



Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 88.9 kN Calculado: 79.85 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 3.94 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 88.9 kN Calculado: 85.48 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 125.6 kN Calculado: 74.56 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 238.531 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 3.67 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 194.151 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 213.301 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 121.619 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 121.619 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 474.937	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 396.205	Cumple
- Arriba:	Calculado: 10619	Cumple
- Abajo:	Calculado: 10619	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 153.6 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 = -79): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	500	7.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 79): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	500	7.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	8	63	18.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Rigidizador y-y (x = -79): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 79): 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	197.8	342.6	88.78	0.0	0.00	410.0	0.85

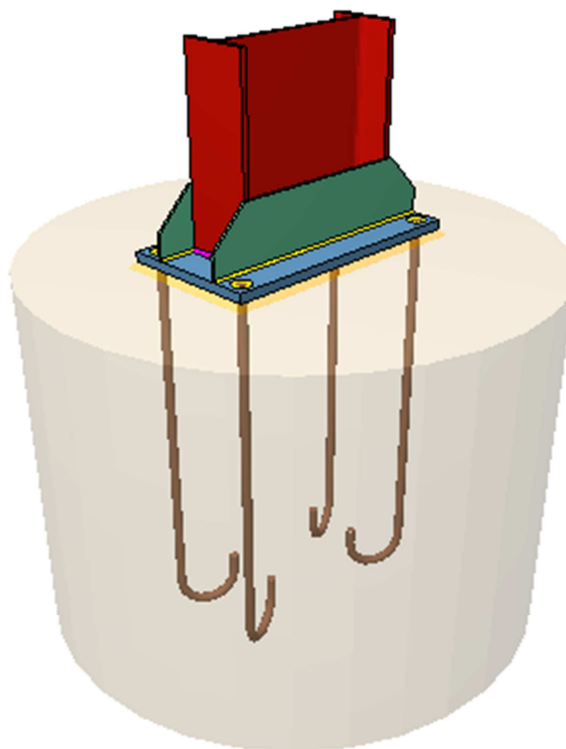
➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	1957
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	8	377
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	1023

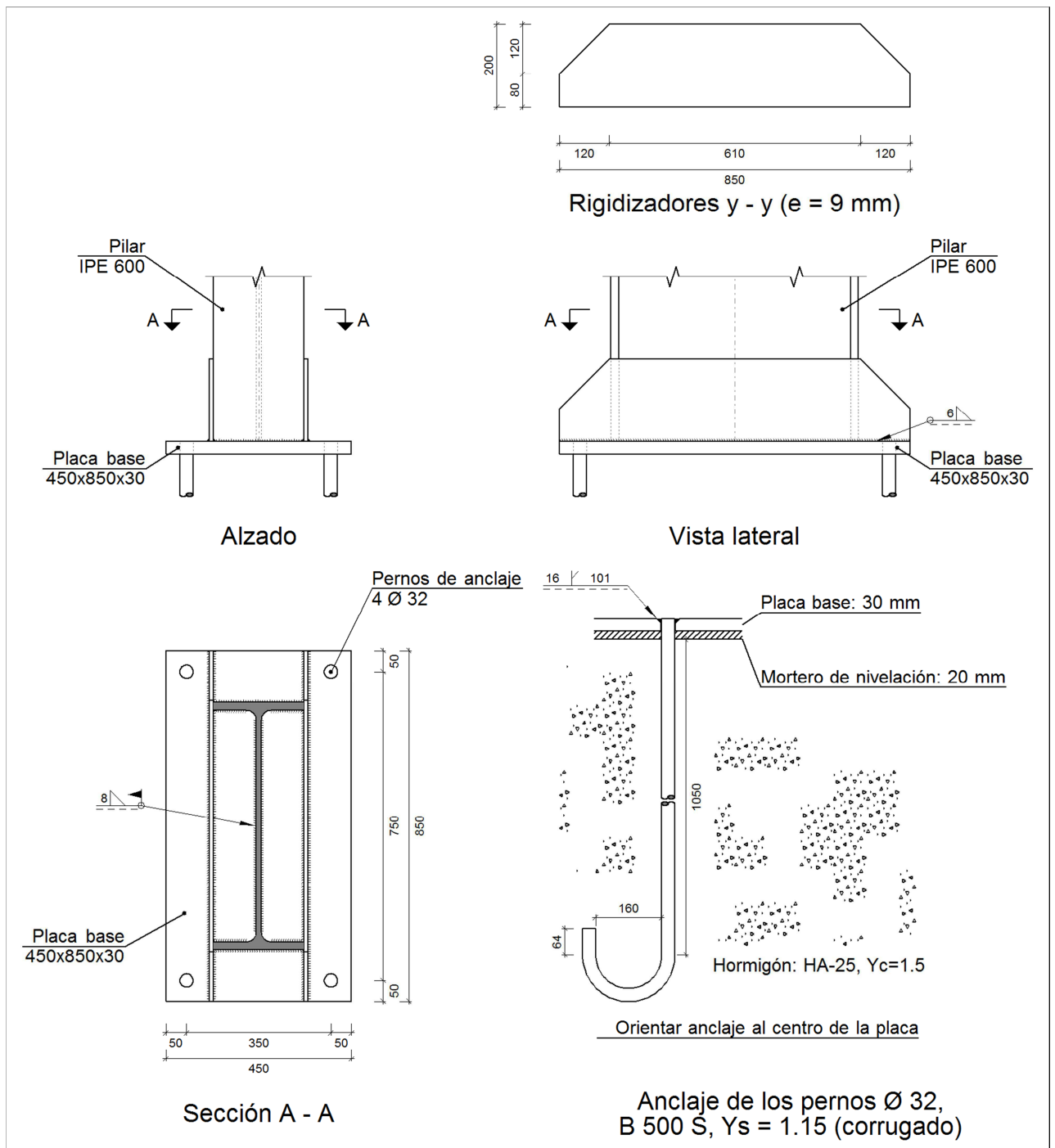
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x500x18	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	500/300x150/55x7	7.20
	Total			31.93
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	6	$\varnothing 20 - L = 458 + 228$	10.16
	Total			10.16

#### GRUPO 4: Pilares centrales sobre cimentación.

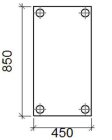
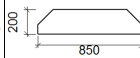
➤ Vista 3D



➤ Detalle



➤ 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	850	30	4	64	34	16	S275	275.0	410.0
Rigidizador		850	200	9	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

➤ Comprobación

1) Pilar IPE 600

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	8	1788	12.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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> )		
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: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 350 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 105 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 373.36 kN Calculado: 323.89 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 261.35 kN Calculado: 31.11 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 373.36 kN Calculado: 368.33 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 321.6 kN Calculado: 307.16 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 386.763 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 502.86 kN Calculado: 29.36 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 124.021 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 124.021 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 186.67 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 180.008 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 4852.26	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 4852.26	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7350.47	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7662.75	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa 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 = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	850	9.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	850	9.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	16	101	30.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 114): 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	218.2	378.0	97.96	0.0	0.00	410.0	0.85

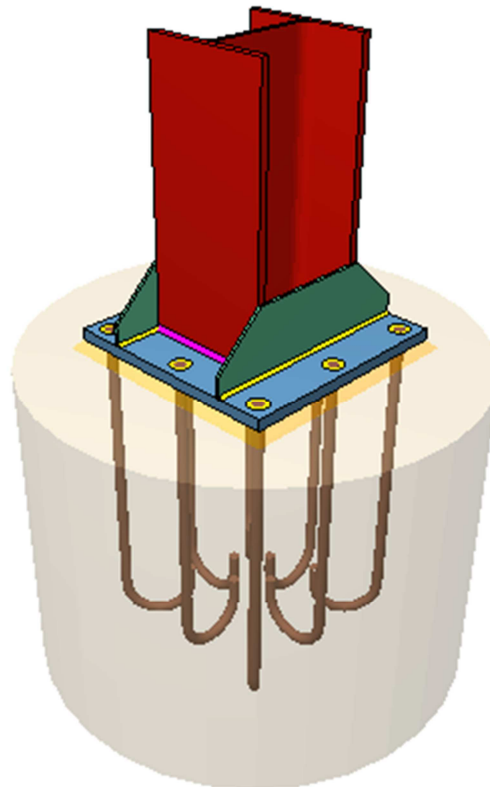
## ➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	3324
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	16	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	8	1788

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x850x30	90.08
	Rigidizadores pasantes	2	850/610x200/80x9	21.99
	Total			112.07
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 32 - L = 1132 + 366	37.82
	Total			37.82

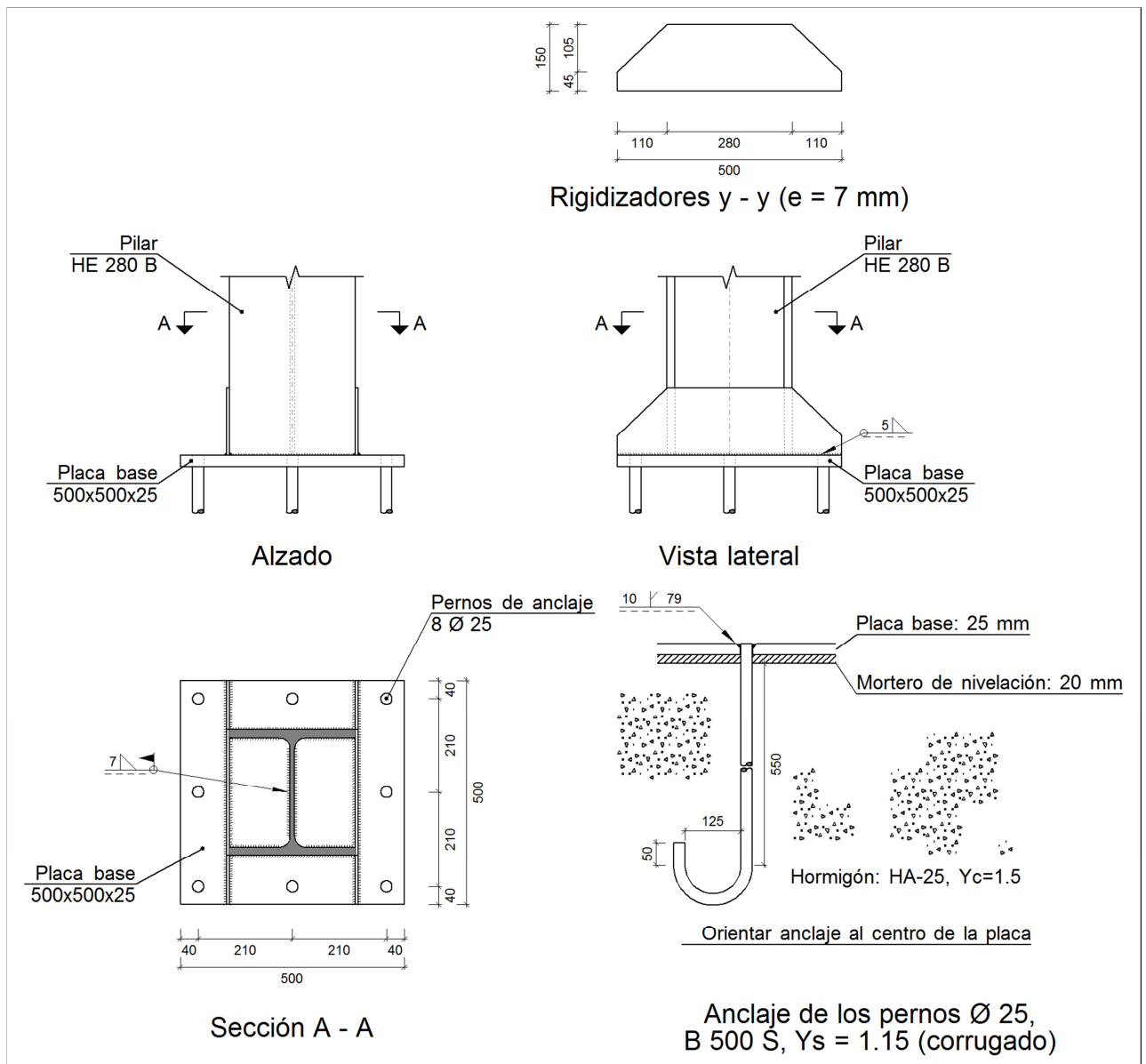
### GRUPO 5: Pilares hastiales sobre cimentación.

➤ Vista 3D





➤ Detalle



➤ Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Esquema	Geometría			Cantidad	Taladros			Acero		
		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		500	500	25	8	45	27	10	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios												
Pieza	Esquema	Geometría			Cantidad	Taladros			Bisel (mm)	Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo		$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)	
Rigidizador		500	150	7	-	-	-	-	S275	275.0	410.0	

➤ Comprobación

## 1) Pilar HE 280 B

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1395	10.5	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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> )		
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: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 28 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 152.79 kN Calculado: 136.3 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 106.95 kN Calculado: 9.3 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 152.79 kN Calculado: 149.58 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 196.4 kN Calculado: 127.87 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 262.648 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 327.38 kN Calculado: 8.71 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 185.294 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 185.294 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 195.925 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 211.649 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1230.12	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1056.53	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5916.06	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5465.74	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 218.889 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 = -144): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	500	7.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 144): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	500	7.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	10	79	25.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <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. (%)		
Rigidizador y-y (x = -144): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 144): 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	352.5	91.35	0.0	0.00	410.0	0.85

➤ Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	1928
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	10	628
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1395

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x25	49.06
	Rigidizadores pasantes	2	500/280x150/45x7	6.97
	Total			56.04
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 25 - L = 620 + 286$	27.92
	Total			27.92

## 8. Cimentación

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de la naturaleza y características mecánicas del terreno, y de la magnitud de las cargas existentes. En el caso a estudio, el tipo de cimentación proyectado es superficial, dado que el estudio geotécnico llevado a cabo certifica que cerca de la superficie se encuentra un terreno suficientemente firme y capaz de sustentar el edificio, cuya tensión admisible tendrá un valor de  $2,00\text{kg/cm}^2$  en situaciones persistentes, y de  $3,00\text{kg/cm}^2$  en situaciones accidentales. Se emplearán, por tanto, zapatas aisladas y corridas para resolver la cimentación del conjunto de la estructura proyectada. Las zapatas aisladas irán unidas entre sí mediante vigas de atado, proporcionando una mayor estabilidad y solidaridad al conjunto, impidiendo desplazamientos horizontales.

El dimensionamiento de las zapatas aisladas se ha llevado a cabo con el objetivo de lograr una mayor optimización de los recursos necesarios, que permita reducir el volumen de hormigón y armado necesario. Para ello, se han agrupado, previo análisis de las mismas, obteniéndose las siguientes 7 tipologías:

- GRUPO 1: Zapatas de los pilares centrales de hormigón.
- GRUPO 2: Zapatas de los pilares hastiales de hormigón.
- GRUPO 3: Zapatas de los primeros pilarillos de hormigón.
- GRUPO 4: Zapatas de los segundos pilarillos de hormigón.
- GRUPO 5: Zapatas de los terceros pilarillos de hormigón.
- GRUPO 6: Zapatas de los pilares centrales metálicos.
- GRUPO 7: Zapatas de los pilares hastiales metálicos.

Con la siguiente disposición:

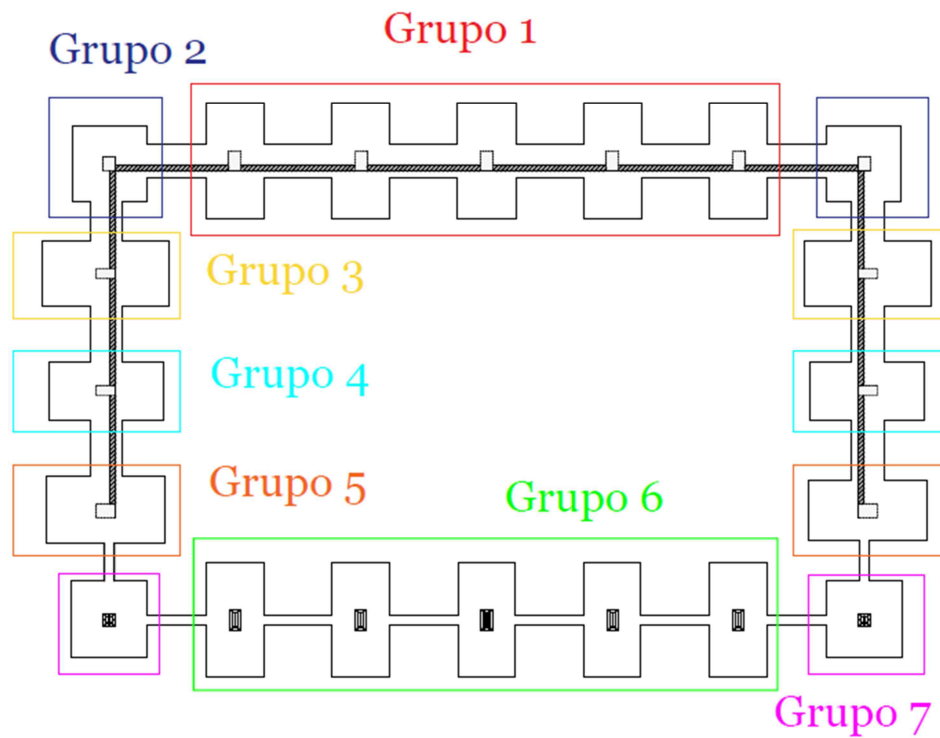


Figura A.30. Agrupación de zapatas aisladas

Grupo	Referencias	Geometría	Armado
1	P9, P10, P11, P12 y P13	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 117.5 cm Ancho inicial Y: 235.0 cm Ancho final X: 117.5 cm Ancho final Y: 235.0 cm Ancho zapata X: 235.0 cm Ancho zapata Y: 470.0 cm Canto: 130.0 cm	Sup X: 27Ø16c/17 Sup Y: 13Ø16c/17 Inf X: 27Ø16c/17 Inf Y: 13Ø16c/17
2	P8 y P7	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 150.0 cm Ancho inicial Y: 150.0 cm Ancho final X: 150.0 cm Ancho final Y: 150.0 cm Ancho zapata X: 300.0 cm Ancho zapata Y: 300.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 17Ø12c/17 Sup Y: 17Ø12c/17 Inf X: 17Ø12c/17 Inf Y: 17Ø12c/17

Grupo	Referencias	Geometría	Armado
3	P6 y P1	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 132.5 cm Ancho inicial Y: 255.0 cm Ancho final X: 132.5 cm Ancho final Y: 255.0 cm Ancho zapata X: 265.0 cm Ancho zapata Y: 510.0 cm Canto: 130.0 cm	Sup X: 29Ø16c/17 Sup Y: 15Ø16c/17 Inf X: 29Ø16c/17 Inf Y: 15Ø16c/17
4	P5 y P2	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 117.5 cm Ancho inicial Y: 230.0 cm Ancho final X: 117.5 cm Ancho final Y: 230.0 cm Ancho zapata X: 235.0 cm Ancho zapata Y: 460.0 cm Canto: 120.0 cm	Sup X: 16Ø20c/29 Sup Y: 8Ø20c/29 Inf X: 16Ø20c/29 Inf Y: 8Ø20c/29
5	P4 y P3	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 135.0 cm Ancho inicial Y: 240.0 cm Ancho final X: 135.0 cm Ancho final Y: 240.0 cm Ancho zapata X: 270.0 cm Ancho zapata Y: 480.0 cm Canto: 120.0 cm	Sup X: 16Ø20c/29 Sup Y: 9Ø20c/29 Inf X: 16Ø20c/29 Inf Y: 9Ø20c/29
6	N6, N11, N16, N21 y N26	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 220.0 cm Ancho final X: 105.0 cm Ancho final Y: 220.0 cm Ancho zapata X: 210.0 cm Ancho zapata Y: 440.0 cm Canto: 140.0 cm	Sup X: 18Ø20c/24 Sup Y: 8Ø20c/24 Inf X: 18Ø20c/24 Inf Y: 8Ø20c/24
7	N1 y N31	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 157.5 cm Ancho inicial Y: 155.0 cm Ancho final X: 157.5 cm Ancho final Y: 155.0 cm Ancho zapata X: 315.0 cm Ancho zapata Y: 310.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 13Ø16c/24 Sup Y: 13Ø16c/24 Inf X: 13Ø16c/24 Inf Y: 13Ø16c/24

El cálculo se ha llevado a cabo mediante la utilización del módulo “CYPE 3D”, de acuerdo a la normativa vigente y otros criterios incluidos en publicaciones especializadas como lo es el libro “Cálculo de estructuras de cimentación”, de J. Calavera. El cálculo desarrollado por dicho módulo, tiene en cuenta las acciones debidas a las cargas transmitidas por los elementos portantes verticales, la presión de contacto con el terreno y el peso propio de las mismas.

En cuanto al dimensionado de las zapatas corridas, se se han agrupado, previo análisis de las mismas, obteniéndose las siguientes 2 tipologías:

GRUPO 1: Zapatas de la pared izquierda.

GRUPO 2: Zapatas del frontis y rebote.

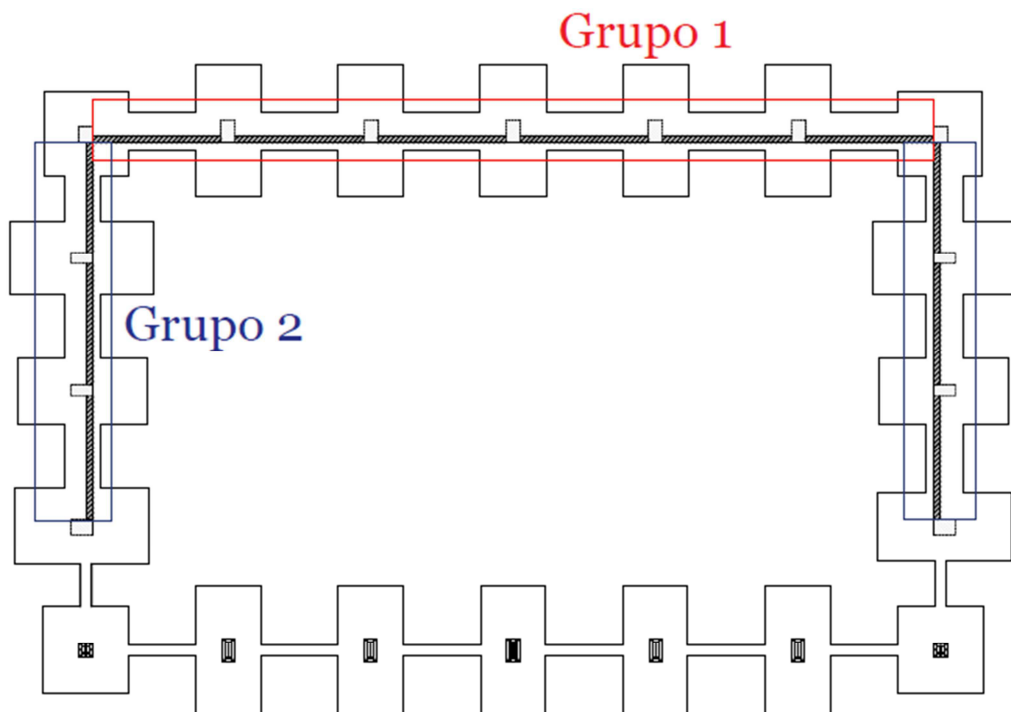


Figura A.31. Agrupación de zapatas corridas

Grupo	Referencias	GEOMETRÍA	ARMADO
1	M4, M5, M6, M7, M8, M9	Vuelo a la izquierda: 80.0 cm Vuelo a la derecha: 25.0 cm Ancho total: 130.0 cm Canto de la zapata: 30.0 cm	Inferior Longitudinal: $\varnothing 12c/30$ Inferior Transversal: $\varnothing 12c/25$



Grupo	Referencias	GEOMETRÍA	ARMADO
2	M1, M2, M3	Vuelo a la izquierda: 80.0 cm Vuelo a la derecha: 25.0 cm Ancho total: 130.0 cm Canto de la zapata: 25.0 cm	Inferior Longitudinal: Ø12c/30 Inferior Transversal: Ø12c/20
	M10, M11, M12	Vuelo a la izquierda: 25.0 cm Vuelo a la derecha: 80.0 cm Ancho total: 130.0 cm Canto de la zapata: 25.0 cm	Inferior Longitudinal: Ø12c/30 Inferior Transversal: Ø12c/20

En este caso, el cálculo se ha llevado a cabo mediante la utilización del módulo "CYPE CAD" el cual tiene en cuenta las acciones debidas a las cargas transmitidas por el muro vertical, la presión de contacto con el terreno y el peso propio de las mismas.

Por último, y como ya se ha indicado, las zapatas aisladas se unirán entre sí mediante vigas de atado, también conocidas como riostras, que proporcionarán una mayor estabilidad y solidaridad al conjunto, impidiendo desplazamientos horizontales. A excepción de la longitud de las mismas, condicionada por la distancia entre pilares, las restantes características geométricas y el armado, será común para todas ellas:

Referencias	GEOMETRÍA	ARMADO
C.1 [P4-N1], C.1 [N1-N6], C.1 [N6-N11], C.1 [N11-N16], C.1 [N16-N21], C.1 [N21-N26], C.1 [N26-N31], C.1 [N31-P3]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

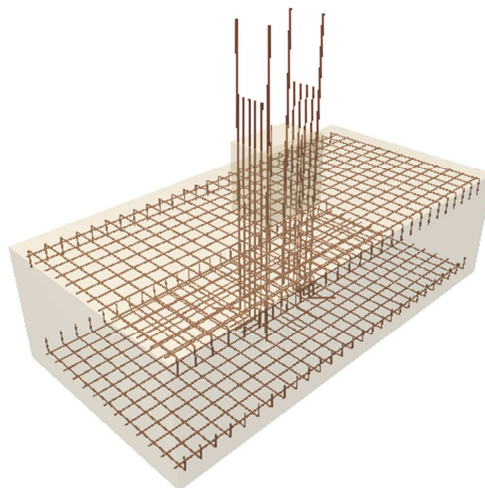
Toda la cimentación se resolverá con hormigón HA-25, con tamaño máximo de árido de 20 mm y una clase general de exposición IIa, armado con acero corrugado B500S. En todas las zapatas se verterá una capa de 10 cm de hormigón de limpieza (HL-100).

### 8.1. Resultados

A continuación se adjuntan los resultados obtenidos mediante las comprobaciones del elemento más desfavorable para cada uno de los grupos anteriormente definidos:

## 8.1.1. Comprobación zapatas aisladas

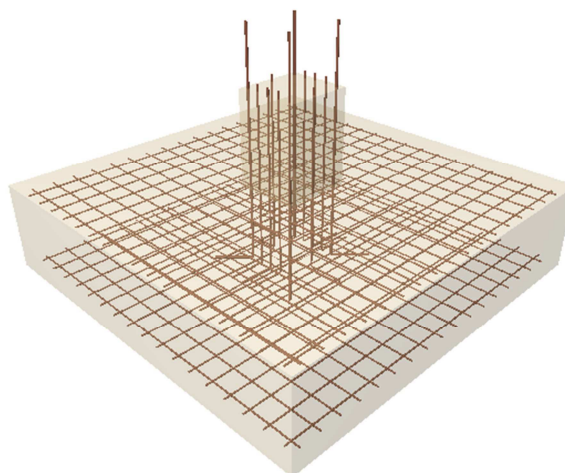
## GRUPO 1: Zapatas de los pilares centrales de hormigón.

➤ Vista 3D

Referencia: P9		
Dimensiones: 235 x 470 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0639612 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0730845 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.128805 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: 318.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 0.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 101.16 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 622.44 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 327.16 kN	Cumple

Referencia: P9		
Dimensiones: 235 x 470 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 125.2 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 130 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - P9:	Mínimo: 94 cm Calculado: 122 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0007 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm Calculado: 16 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple Cumple Cumple 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: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: P9		
Dimensiones: 235 x 470 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
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: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm Calculado: 93 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 93 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 93 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 93 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 sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.51		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1204.28 kN		

**GRUPO 2: Zapatas de los pilares hastiales de hormigón.**➤ Vista 3D

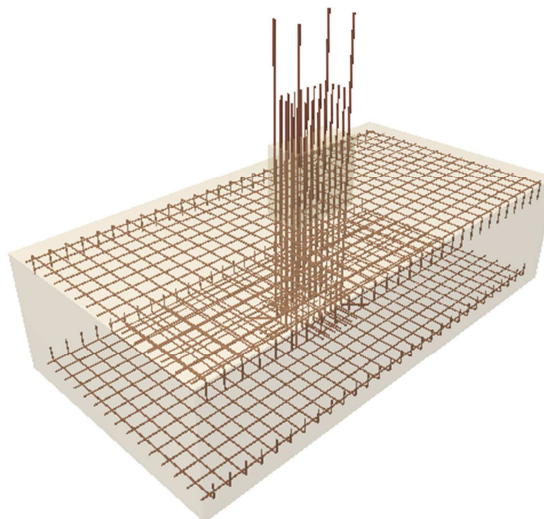
Referencia: P8		
Dimensiones: 300 x 300 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0537588 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0308034 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.126451 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: 48.2 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 2.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 152.05 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 288.90 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 126.06 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 230.54 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 138.2 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		

Referencia: P8		
Dimensiones: 300 x 300 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - P8:	Mínimo: 60 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	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: 0.0005	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0008	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <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: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 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	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 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: 15 cm Calculado: 67 cm	Cumple

Referencia: P8		
Dimensiones: 300 x 300 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 67 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 18 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 67 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 67 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 66 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.33		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.63		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 932.24 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 932.24 kN		

### GRUPO 3: Zapatas de los primeros pilarillos de hormigón.

➤ Vista 3D



Referencia: P6		
Dimensiones: 265 x 510 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0660213 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0433602 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.143717 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: 654.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 1.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 96.47 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 936.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 471.17 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 82.1 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 130 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- P6:	Mínimo: 94 cm Calculado: 122 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 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 Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0008	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple

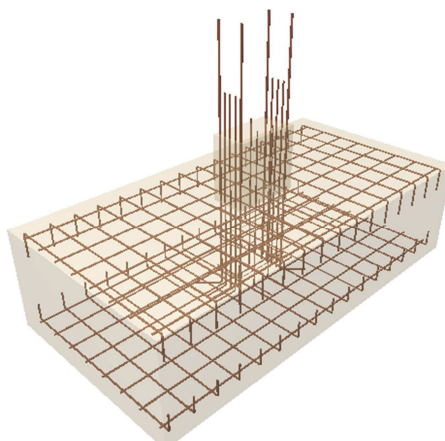


Referencia: P6		
Dimensiones: 265 x 510 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 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	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 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: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 26 cm Calculado: 113 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 23 cm Calculado: 113 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 113 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 113 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

Referencia: P6		
Dimensiones: 265 x 510 x 130		
Armados: Xi:Ø16c/17 Yi:Ø16c/17 Xs:Ø16c/17 Ys:Ø16c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.67		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1358.00 kN		

#### GRUPO 4: Zapatas de los segundos pilarillos de hormigón.

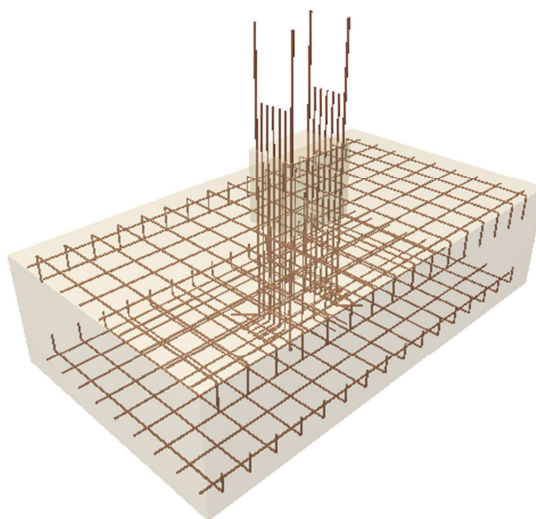
➤ Vista 3D



Referencia: P5		
Dimensiones: 235 x 460 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0734769 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0515025 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.148523 MPa	Cumple

Referencia: P5		
Dimensiones: 235 x 460 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
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: 755.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 0.7 %	Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Momento: 70.67 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 689.50 kN·m	Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 361.20 kN	Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Calculado: 88.9 kN/m <sup>2</sup>	
<b>Canto mínimo:</b>		
<i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm	Cumple
	Calculado: 120 cm	
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>		
- P5:	Mínimo: 94 cm	Cumple
	Calculado: 111 cm	
<b>Cuantía geométrica mínima:</b>		
<i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	
<b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b>		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0008	
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b>		
<i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	Cumple
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	
<b>Separación máxima entre barras:</b>		
<i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 29 cm	

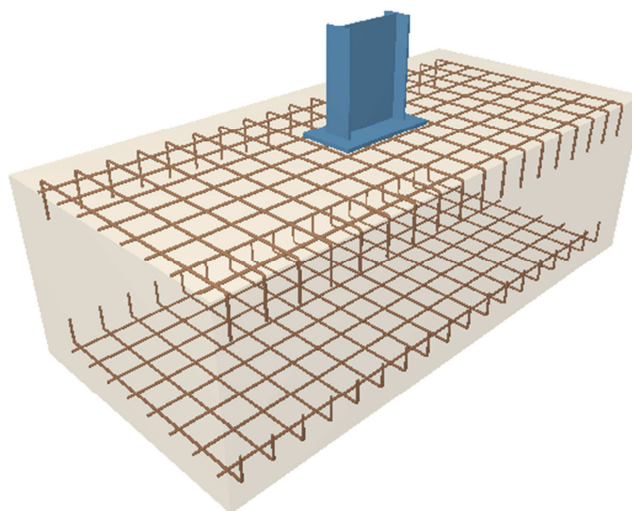
Referencia: P5		
Dimensiones: 235 x 460 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
Separación 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 Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 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: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 29 cm Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 39 cm Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 28 cm Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 96 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.04		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.66		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1124.23 kN		

**GRUPO 5: Zapatas de los terceros pilarillos de hormigón.**➤ Vista 3D

Referencia: P4		
Dimensiones: 270 x 480 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0708282 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0462051 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.15539 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: 222.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 0.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 148.55 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 914.91 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 457.34 kN	Cumple

Referencia: P4		
Dimensiones: 270 x 480 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 99.3 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 120 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - P4:	Mínimo: 94 cm Calculado: 111 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0009 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0004	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm Calculado: 20 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm	Cumple Cumple Cumple 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: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm Calculado: 29 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: P4		
Dimensiones: 270 x 480 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
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: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 38 cm Calculado: 106 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 45 cm Calculado: 106 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 28 cm Calculado: 106 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 106 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.76		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1291.68 kN		

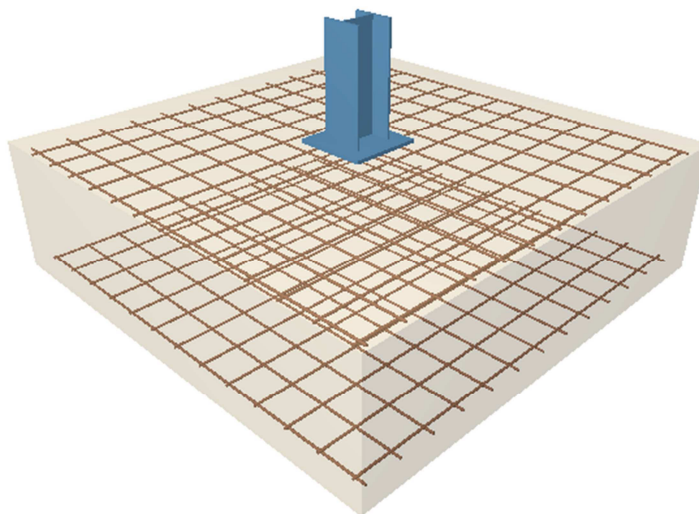
**GRUPO 6: Zapatas de los pilares centrales metálicos.**➤ Vista 3D

Referencia: N6		
Dimensiones: 210 x 440 x 140		
Armados: Xi:Ø20c/24 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0534645 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0698472 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.116445 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: 227.5 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 0.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: -45.70 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 392.29 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 269.68 kN	Cumple



Referencia: N6		
Dimensiones: 210 x 440 x 140		
Armados: Xi:Ø20c/24 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 59.3 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 140 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N6:	Mínimo: 105 cm Calculado: 131 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0004 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm Calculado: 20 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple Cumple Cumple 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: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N6		
Dimensiones: 210 x 440 x 140		
Armados: Xi:Ø20c/24 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
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: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 62 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 62 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 28 cm Calculado: 62 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 62 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.30		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1141.59 kN		

**GRUPO 7: Zapatas de los pilares hastiales metálicos.**➤ Vista 3D

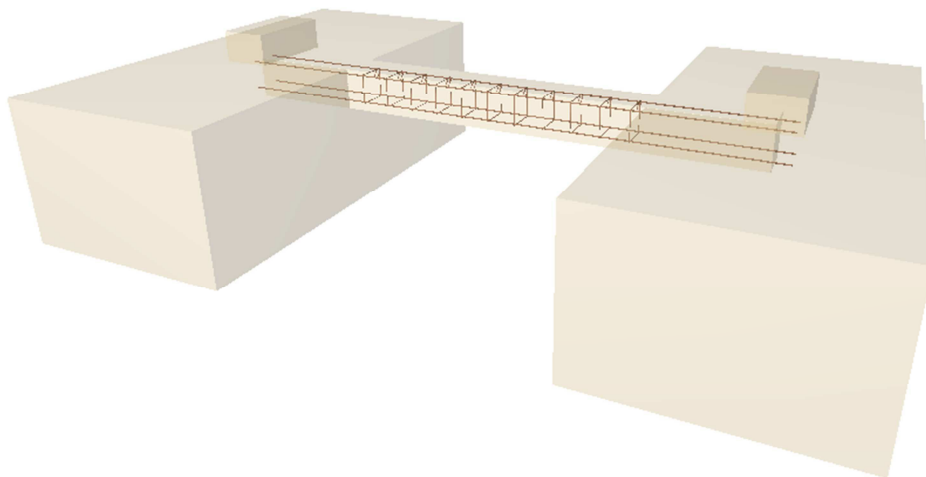
Referencia: N1		
Dimensiones: 315 x 310 x 90		
Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 Xs:Ø16c/24 Ys:Ø16c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.028449 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0258984 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0565056 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: 140.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 2.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: -55.96 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 121.14 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 36.00 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 107.62 kN	Cumple

Referencia: N1		
Dimensiones: 315 x 310 x 90		
Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 Xs:Ø16c/24 Ys:Ø16c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 65.2 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 90 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N1:	Mínimo: 54 cm Calculado: 82 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm Calculado: 16 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple Cumple Cumple 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: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N1		
Dimensiones: 315 x 310 x 90		
Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 Xs:Ø16c/24 Ys:Ø16c/24		
Comprobación	Valores	Estado
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: 57 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 54 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 54 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 54 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 54 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.08		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 1175.24 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1194.17 kN		

### 8.1.2. Comprobación vigas de atado

➤ Vista 3D

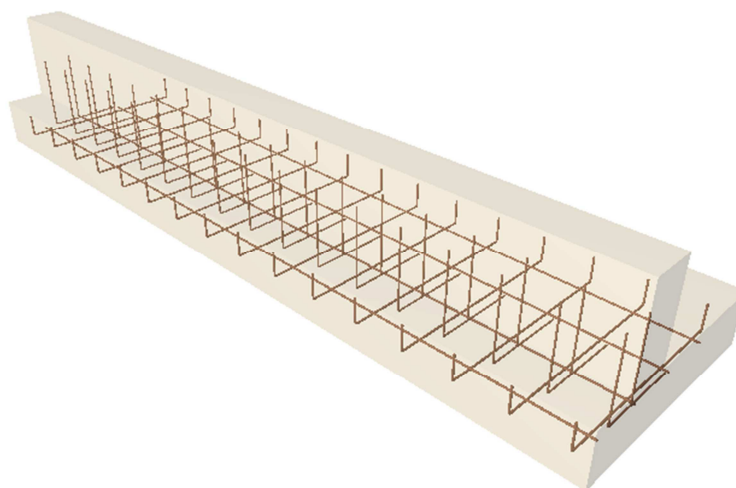


Referencia: C.1 [N6-N11] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 2.5 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <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		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegaran estados de carga a la cimentación.		

### 8.1.3. Comprobación zapatas corridas

#### GRUPO 1: Zapatas de la pared izquierda.

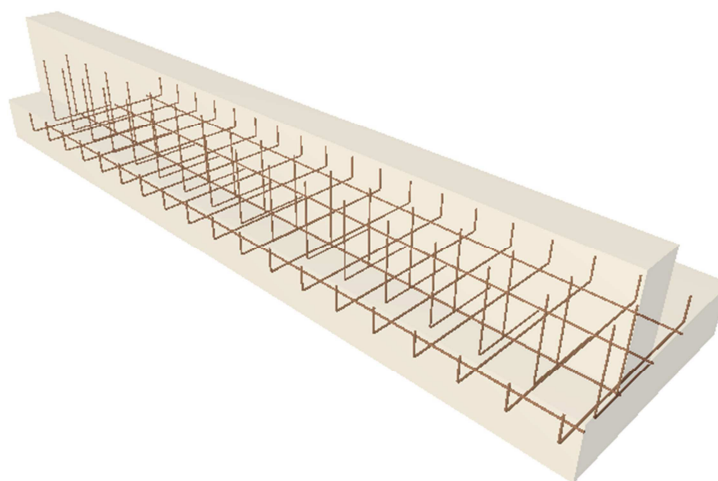
➤ Vista 3D



Referencia: M6		
Dimensiones: 130 x 30		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0693567 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.128021 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: 63997.6 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 257.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 66.82 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.49 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 302.2 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Calculado: 23 cm	
-M6:	Mínimo: 17 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0015	Cumple

Referencia: M6		
Dimensiones: 130 x 30		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p>	<p>Mínimo: 0.0007</p> <p>Calculado: 0.0016</p>	Cumple
<p>Diámetro mínimo de las barras:</p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>	Cumple
<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>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 30 cm</p> <p>Calculado: 25 cm</p>	Cumple Cumple
<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>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 30 cm</p> <p>Calculado: 25 cm</p>	Cumple Cumple
<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 Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p>	<p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 19 cm</p> <p>Calculado: 19 cm</p>	Cumple Cumple
<p>Longitud mínima de las patillas:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p>	<p>Mínimo: 12 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p>	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



**GRUPO 2: Zapatas del frontis y rebote.**➤ Vista 3D

Referencia: M1		
Dimensiones: 130 x 25		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0793629 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.171086 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: 607.7 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 296.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 70.19 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 8.83 kN	Cumple

Referencia: M1		
Dimensiones: 130 x 25		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 841.6 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - M1:	Calculado: 18 cm Mínimo: 17 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0015 Calculado: 0.0023	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: - Armado inferior dirección Y: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.0023	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple 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: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: M1		
Dimensiones: 130 x 25		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## 9. Solera

El suelo del frontón se basa en una solera de soporte, que conforma la base del suelo, y un pavimento de resinas tipo epoxi.

La base del pavimento será, por tanto, una solera de hormigón pavimentable de 20 cm de espesor realizada con hormigón HA- 25/B/20/IIa, de resistencia mínima HA-25 N/mm<sup>2</sup>, tamaño máximo del árido 20 mm, y consistencia blanda, armada con mallazo electrosoldado de acero B 400 S, con redondos de Ø5 mm en cuadrícula de 150x150 mm, en el tercio superior de la solera, dejando un recubrimiento de, al menos, 6 cm con respecto la superficie.

Se ejecutará una terminación talochada y fratasada mecánicamente para posteriormente ejecutar el revestimiento.

Bajo la solera ira un sub-base de zahorra artificial de 15 cm la cual, deberá cumplir los requisitos técnicos necesarios que aseguren su adecuada puesta en obra y compactación.

Ademas se colocará una lámina de polietileno cuya función es la de separar el hormigón de la solera de la zahorra, evitando su mezcla, rozamiento, y la pérdida del agua del hormigón durante su puesta en obra aislando el pavimento de la humedad natural procedente del terreno. Para ello, será necesario disponer de un adecuado solape entre las láminas de, al menos, 50 cm.

La solera deberá recibir las correspondientes juntas de retracción en la superficie. Se harán coincidir con los pilares de la edificación, formando así cuadrículas de 5,0x4,5 m. Se dispondrán, también, juntas de contorno o separación, que recorrerán el perímetro de la solera en contacto con elementos estructurales como pilares.

Por otro lado, no será necesaria la colocación de juntas de dilatación de acuerdo a las indicaciones del código técnico, ya que no se dispone en la edificación proyectada de elementos continuos de más de 40 m de longitud.

El pavimento de resinas conferirá a la solera un acabado liso, homogéneo y resistente al impacto, a la vez que dotará al suelo del agarre necesario para evitar resbalones de los jugadores. Se basa en la puesta en obra de un sistema de 2 componentes epoxi, de espesor variable según el estado de la superficie, compuesto por:

- Una base soporte, con una resistencia a compresión mínima de 25 N/mm<sup>2</sup> y 1,5 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a tracción.
- Una capa de Imprimación y capa base mediante epoxi de 2 componentes.
- Una Capa de acabado mediante ligante epoxi de 2 componentes.

## 10. Instalaciones

### 10.1. Estructura auxiliar

El frontón proyectado dispondrá de una red de protección del público, colocada paralelamente a la Pared lateral izquierda, en el límite exterior de la Contracancha.

Esta red se desarrollará, hasta alcanzar los límites de las paredes de Frontis y de Rebote, conformando un espacio de juego cerrado que evite la posible salida de la pelota de la zona de juego hacia el exterior.

Dado que en la práctica de disciplinas como el frontenis o la paleta goma, en las que los jugadores se apoyan, en diversos lances del juego, en la red e, incluso, pueden llegar a trepar por la misma, se dispondrá de:

Una malla metálica de protección desde el suelo hasta 3 metros de altura, realizada con malla galvanizada en caliente y revestida en PVC (color RAL 6005), de 35x35 mm de luz en simple torsión romboidal, con un alambre de 3 mm de diámetro, sustentada por una estructura auxiliar de postes de acero. La malla metálica dispondrá de las correspondientes puertas de acceso a la cancha, realizadas en el mismo material. Sobre la malla metálica, y hasta los 12 metros de altura, se colocará una red de Nylon (color RAL 6005), de paso 35x35 mm, suspendida de una estructura auxiliar colgada de la estructura del techo, y sujeta a la malla metálica inferior. Sobre esta estructura irán también colgados los proyectores necesarios para la iluminación artificial de la zona de juego.

Teniendo en cuenta esto, se procede al dimensionamiento de la estructura que sustentará la red de protección del público.

Se dispondrá de una barra que recorrerá los 30 metros de longitud de la edificación a una altura de 12 metros sobre el límite exterior de la contracancha apoyada en los pilarillos hastiales de hormigón correspondientes y colgada mediante sirgas de los cabios de los pórticos intermedios.

Esta barra soportará su propio peso y el de todos los elementos que irán colgados a ella, los cuales se especifican a continuación:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| ➤ Red Deportiva ADVANCED 3 mm- Malla 35 mm | 150 gr/m <sup>2</sup> |
| ➤ Parrilla de iluminación                  | 12 kg/m               |
| ➤ Perfil IPE 80                            | 6 kg/m                |

Además de estas cargas, se añadirá una sobrecarga de 100 kg correspondiente al peso de una persona que, por motivos accidentales, pueda quedar colgada de la red protectora. Como es una carga puntual, se simplificará esta carga a una distribuida de 20 kg/m.

Por lo tanto se tiene:

$$q_{pp} = 39,35 \text{ kg/m} \approx 40 \text{ kg/m}$$

Con esta carga, y utilizando el software "Cespla" se obtienen las reacciones en los distintos apoyos de la barra.

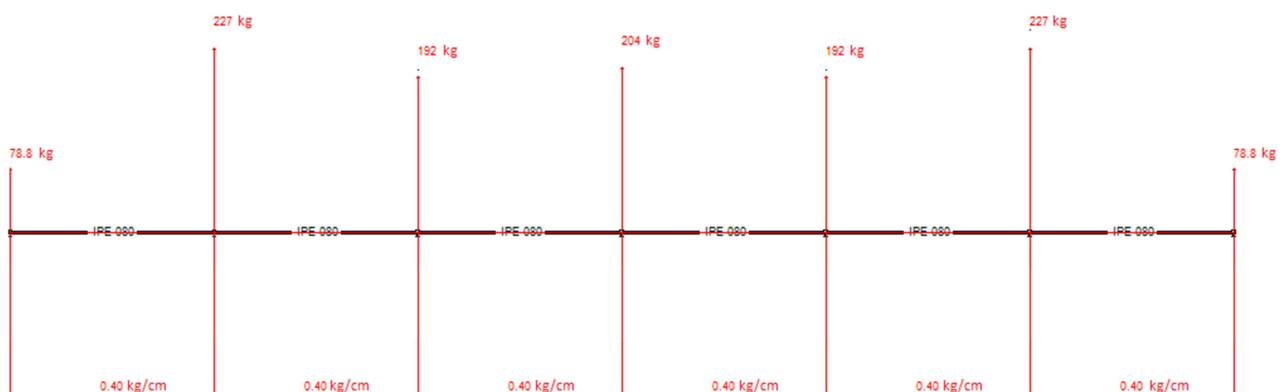


Figura A.32. Reacciones en los apoyos

Estas reacciones ya se tuvieron en cuenta para el dimensionamiento de los perfiles de la estructura de la edificación proyectada.

Se tomará la reacción mas desfavorable para el dimensionamiento de los tirantes que sustentarán la barra, ya que al estar articulados en su unión únicamente estarán sometidos a esfuerzos de tracción.

$$N_{Ed} = 227 \text{ kg} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} = 2,23 \text{ kN}$$

El perfil seleccionado será un tirante circular R10 cuyas características son las siguientes:

$$A = 79 \text{ mm}^2$$

### Resistencia de las secciones a tracción

Debe cumplirse que:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 79 \cdot \frac{275}{1,05} = 20,7 \text{ kN}$$

$$2,23 \text{ kN} < 20,7 \text{ kN}$$

Cumple

También se comprueba si el perfil de la barra cumple las comprobaciones de los E.L.U. Para ello es necesario obtener los esfuerzos mas desfavorables que se producen en la barra objeto de estudio:

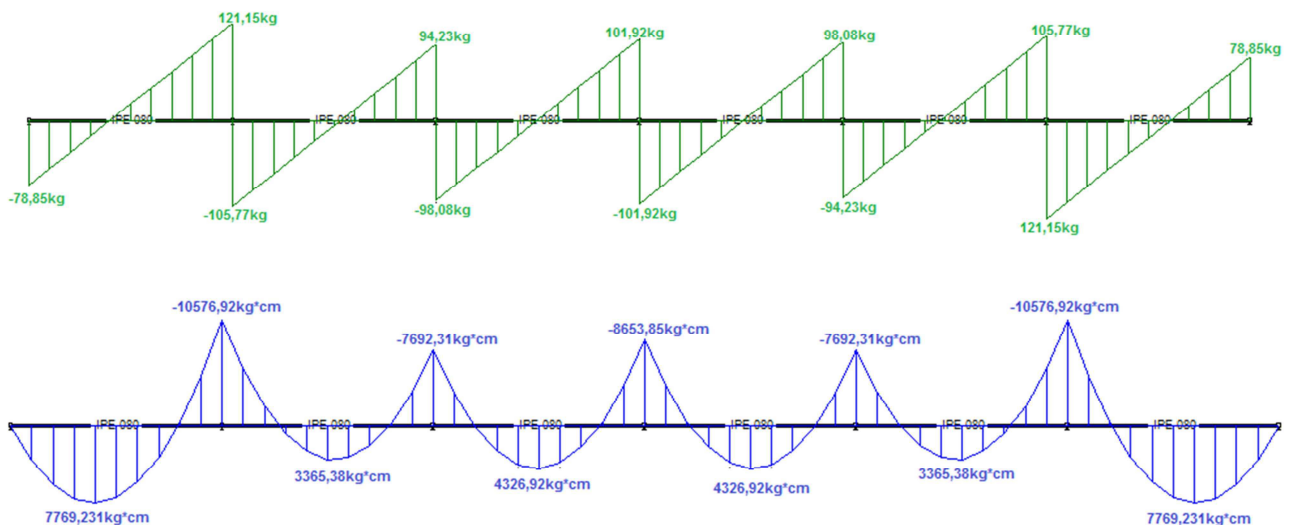


Figura A.33. Diagrama de cortantes y flectores en la barra

$$V_{Ed} = 121,15 \text{ kg} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} = 1,19 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 10576,92 \text{ kg} \cdot \text{cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} = 1,037 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La sección de la barra será un perfil laminado IPE 80 cuyas características son las siguientes:

$$\begin{aligned} A &= 764,38 \text{ mm}^2 \\ I_y &= 80,14 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_y &= 20,03 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ h &= 80 \text{ mm} \\ t_w &= 3,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Resistencia de las secciones a corte

El esfuerzo cortante de cálculo  $V_{Ed}$  será menor que la resistencia de las secciones a corte,  $V_{c,Rd}$ , que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Donde el término relativo al área a cortante para los perfiles laminados en I cargados paralelamente al alma toma el valor simplificado de:

$$A_v = h \cdot t_w = 80 \cdot 3,8 = 304 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 304 \cdot \frac{275/1,05}{\sqrt{3}} = 45968,07 \text{ N} = 45,968 \text{ kN}$$

$$1,19 \text{ kN} < 45,968 \text{ kN}$$

Cumple
--------

#### Resistencia de las secciones a flexión

La resistencia de las secciones a flexión,  $M_{c,Rd}$ , será la resistencia elástica de la sección bruta para las secciones de clase 3:

$$M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd}$$

siendo:

$W_{el}$  módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$M_{el,Rd} = 20,03 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 5,238 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$1,037 \text{ kN} \cdot \text{m} < 5,238 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Cumple

Por ultimo se comprobará si el perfil cumple con la flecha limite, la cual será:

$$\frac{L}{300} = \frac{5000}{300} = 16,66 \text{ mm}$$



Figura A.34. Deformaciones en la barra

$$9,725 \text{ mm} < 16,66 \text{ mm}$$

Cumple

Para la unión de estos elementos se emplea un angular en forma de L realizando la unión mediante tornillería la cual no es necesario calcular debido a los pequeños esfuerzos de tracción y cortante que sufre.

También se realiza el cálculo de la estructura auxiliar de postes de acero que sustenta la malla metálica de protección desde el suelo hasta 3 metros de altura. Se ha optado por resolver esta estructura mediante tubos de acero conformado S235, con acabado plastificado en color RAL 6005 separados a una distancia de 3 metros.

Para el dimensionamiento de estos tubos, a parte del peso de la malla metálica y su propio peso, se les aplicará una fuerza de 100 kg a una distancia de 1,50 metros sobre el suelo simulando la acción de empuje de una persona sobre el poste de acero.



El calculo se lleva a cabo utilizando el modulo "CYPE 3D" obteniendose el perfil adecuado asi como las comprobaciones de los E.L.U. las cuales se incluyen a continuación:

Perfil: O 2+1/2x3.03 Material: Acero ( S235 )						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</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> )
M1	M2	3.000	3.86	18.29	18.29	36.58
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	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		
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						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													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>
N1/N2	x: 0 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 92.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 3.3	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m η < 0.1	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 92.8	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 92.8
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez 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>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															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

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

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

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

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo M1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{86.48} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{3.86} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{223.81} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : 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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{28.11} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{3.86} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{223.81} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.33}$$

$$\chi_z : \underline{0.33}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_Y : 1.89$$

$$\Phi_Z : 1.89$$

 $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_Y : 0.49$$

$$\alpha_Z : 0.49$$

 $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_Y : 1.47$$

$$\bar{\lambda}_Z : 1.47$$

 $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 42.12 \text{ kN}$$

 $N_{cr,Y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,Y} : 42.12 \text{ kN}$$

 $N_{cr,Z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,Z} : 42.12 \text{ kN}$$

 $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.921 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo M1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

 $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 1.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : 1.69 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 7.57 \text{ cm}^3$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 223.81 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 235.00 \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo M1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.04} \text{ kN}$$

**Resistencia a cortante de la sección:**

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{31.79} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{2.46} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot A / \pi$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{3.86} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{223.81} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Y** (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** (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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.04 \text{ kN} \leq 15.89 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo M1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.04} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{31.79} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (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** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.922} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.928} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.559} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen en el nudo M1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo p <sub>ésimo</sub> .	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : $\frac{0.12}{1}$ kN
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> , <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo p <sub>ésimos</sub> , según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> <sup>+</sup> : $\frac{1.56}{1}$ kN·m
	<b>M<sub>z,Ed</sub></b> <sup>+</sup> : $\frac{0.00}{1}$ 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> : $\frac{1}{1}$
<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : $\frac{86.48}{1}$ kN
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> , <b>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> : $\frac{1.69}{1}$ kN·m
	<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : $\frac{1.69}{1}$ 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> : $\frac{3.86}{1}$ cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> , <b>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> : $\frac{7.57}{1}$ cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>pl,z</sub></b> : $\frac{7.57}{1}$ cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : $\frac{223.81}{1}$ MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : $\frac{235.00}{1}$ MPa
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> : $\frac{1.05}{1}$
<b>k<sub>y</sub></b> , <b>k<sub>z</sub></b> : Coeficientes de interacción.	

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

<b>C<sub>m,y</sub></b> , <b>C<sub>m,z</sub></b> : Factores de momento flector uniforme equivalente.	<b>C<sub>m,y</sub></b> : $\frac{1.00}{1}$
	<b>C<sub>m,z</sub></b> : $\frac{1.00}{1}$

<b>χ<sub>y</sub></b> , <b>χ<sub>z</sub></b> : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>χ<sub>y</sub></b> : $\frac{0.33}{1}$
	<b>χ<sub>z</sub></b> : $\frac{0.33}{1}$

<b>λ<sub>y</sub></b> , <b>λ<sub>z</sub></b> : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>λ<sub>y</sub></b> : $\frac{1.47}{1}$
	<b>λ<sub>z</sub></b> : $\frac{1.47}{1}$

$\alpha_y, \alpha_z$ : 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** (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 M1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.04 \text{ kN} \leq 15.89 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{1.04}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{31.79}{\quad} \text{ kN}$$

### **Resistencia a torsión** (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** (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.

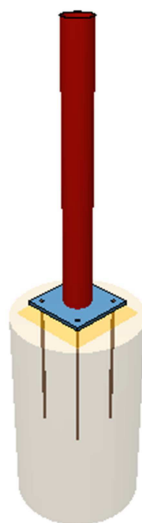
### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

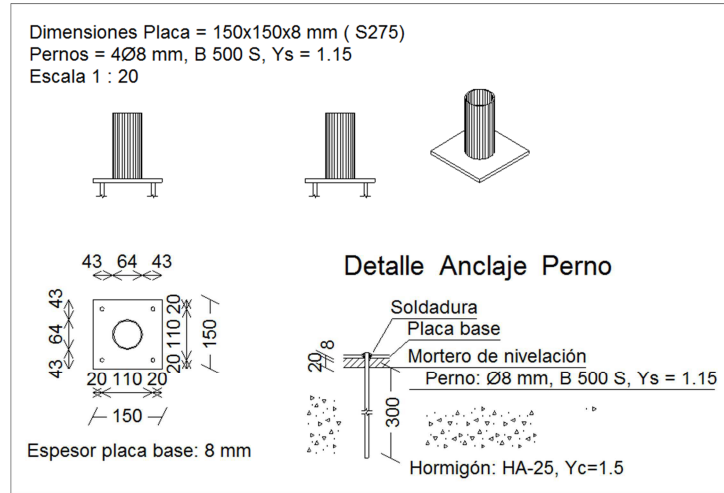
Los postes dispondrán de placa base para su anclaje con el fin de ser empotrados. Este empotramiento se realizará a unas pequeñas zapatas de hormigón en masa. Las características y comprobaciones de estos elementos se muestran a continuación:

### **Placa de anclaje**

➤ Vista 3D



➤ Detalle



➤ 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)
Placa base		150	150	8	4	8	S275	275.0	410.0

➤ Comprobación

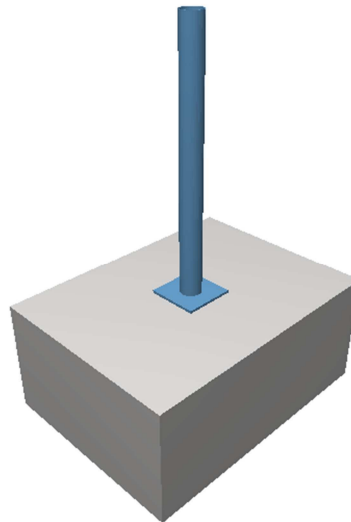
Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 111 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 20.51 kN Calculado: 7.89 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 14.36 kN Calculado: 0.31 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 20.51 kN Calculado: 8.33 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 20.12 kN Calculado: 6.66 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 132.704 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 33.52 kN Calculado: 0.26 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 54.8465 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 54.8465 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 195.052 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 243.252 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 9968.86	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 9968.86	Cumple
- Arriba:	Calculado: 455.074	Cumple
- Abajo:	Calculado: 306.312	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



➤ Medición

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	150x150x8	1.41
	Total			1.41
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 8 - L = 336$	0.53
	Total			0.53

**Zapata**➤ Vista 3D➤ Descripción

Geometría
Zapata de hormigón en masa rectangular excéntrica
Ancho inicial X: 30.0 cm
Ancho inicial Y: 40.0 cm
Ancho final X: 30.0 cm
Ancho final Y: 40.0 cm
Ancho zapata X: 60.0 cm
Ancho zapata Y: 80.0 cm
Canto: 35.0 cm

➤ Medición

Referencia: M1

Sin armado

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Hormigón (m <sup>3</sup> )
	HA-25, Yc=1.5
Referencia: M1	0.17
Totales	0.17

➤ Comprobación

Referencia: M1		
Dimensiones: 60 x 80 x 35		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0655308 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.13116 MPa	Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X <sup>(1)</sup> - En dirección Y: <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> (1) Sin momento de vuelco	Reserva seguridad: 8.9 %	No procede Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m Momento: 1.49 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple

Referencia: M1		
Dimensiones: 60 x 80 x 35		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 0.7 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - M1:	Mínimo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Los postes deberán suministrarse con las puertas de acceso del mismo material así como todos los accesorios (abrazaderas, tensores, pasamanos, etc.) para su montaje y el de la malla metálica.

La malla metálica deberá incluir alambre tensor en varias alturas con el fin de entrelazarlo con la malla y tensarlo para darle una mayor tensión al vallado. Se utilizará alambre plastificado del nº 17 - Ø3 mm.

En los laterales, la malla terminará contra una chapa metálica atornillada a los pilarrillos de hormigón correspondientes. Esta chapa deberá incluir pasamanos para poder tensar.

## 10.2. Graderío

Para dar forma a las gradas se han utilizado vigas prefabricadas de hormigón diseñadas para tal uso por la empresa "NORTEN PH".

Se ha escogido a la empresa "NORTEN PH" como proveedora de las vigas prefabricadas por la gran variedad de modelos y tamaños que ofrece. Además, el catálogo de productos de esta compañía no se limita a vigas prefabricadas, sino que también ofrece placas de remate, tabicas y escalones, lo cual es de gran importancia, pues permite adquirir la mayoría de elementos que se van a utilizar en el edificio a una sola empresa, con las ventajas económicas que esto conlleva. De todos los modelos fabricados por la entidad, los más adecuados para una estructura como la del presente proyecto son los de la serie GN.

A continuación se expone una imagen en la que se muestra las dimensiones y características de la viga prefabricada seleccionada:

# SERIE GN

## 85

### CARACTERÍSTICAS PARA HUELLA DE 85 cms

TIPO	CANTO DE TABICA		PESO (kgs./m.l.)	LONGITUD MÁXIMA (m)
	H	H1		
GN-85/40	41	40	230	7,00
GN-85/45	46	45	250	7,50
GN-85/50	51	50	250	8,00

Dimensiones en cms.  
Sobrecarga de uso: 500 Kgs/m<sup>2</sup>

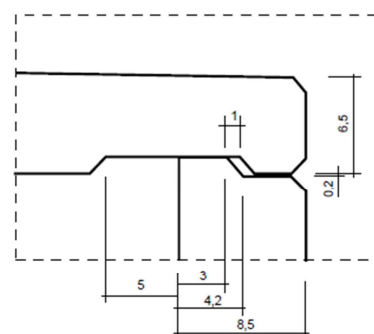
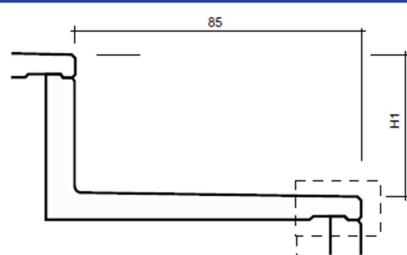
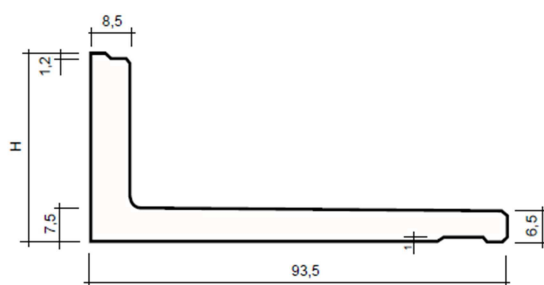


Figura A.35. Características de la viga prefabricada de la serie GN 85

Se ha escogido la subserie GN 85 por su longitud de 85 cm de la huella del asiento pudiendo destinar así 40 cm para asiento y los 45 restantes para paso como indica el Capítulo 2 del “Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas”.

El citado artículo también establece una altura de asiento entre 40 y 45 cm, por lo que se escoge el modelo GN-85/45. Este modelo se ha seleccionado teniendo en cuenta, también, que su longitud máxima es mayor a la del modelo GN-85/40.

En cuanto a los peldaños, se ha escogido un peldaño doble del tipo PD-15/120 compatible con el modelo seleccionado de viga prefabricada de hormigón. Las características del mismo se pueden observar en la siguiente figura:

# PELDAÑO DOBLE

TIPO				PESOS	GRADA VÁLIDA
	A	B	L		
PD-15/120	29	15	1.20	185	GN-85/45yGN-90/45
PD-16.5/120	29	16.5	1.20	220	GN-85/50yGN-90/50
PD-15/150	29	15	1.50	200	GN-85/45yGN-90/45
PD-16.5/150	29	16.5	1.50	235	GN-85/50yGN-90/50

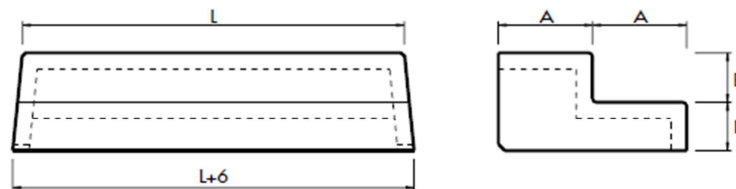


Figura A.36. Características del peldaño doble seleccionado

Teniendo en cuenta la longitud del peldaño seleccionado y que se desea disponer de tramos de graderío de 9 metros, será necesario que las vigas prefabricadas de hormigón tengan una longitud de 7,30 metros.

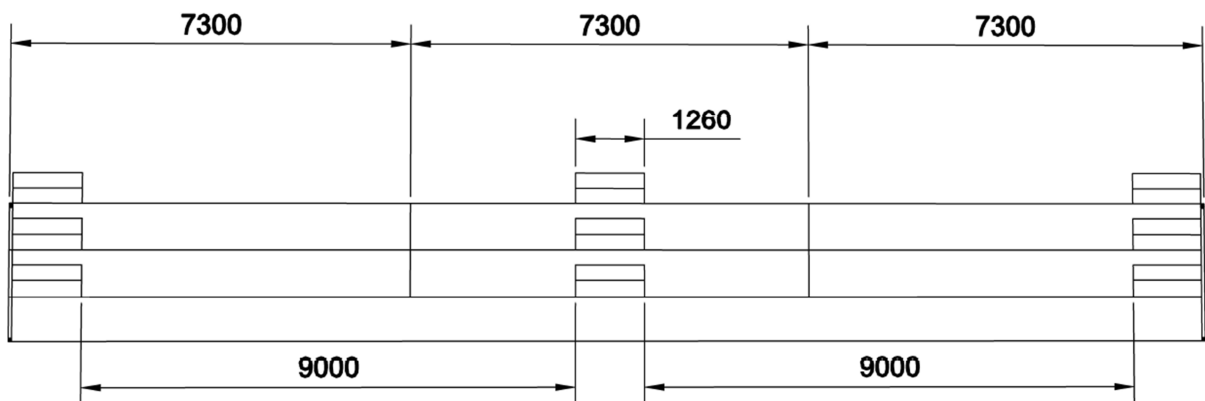


Figura A.37. Croquis del diseño del graderío

En la última fila del graderío, en lugar de viga grada, se emplearán placas de remate de la serie GN y modelo PRN-80. Las características de las mismas se muestran en la Figura A.38. Las placas de remate que coincidan con los pilares de la edificación dispondrán de un recorte que permita su perfecta colocación.

# PLACAS DE REMATE

## SERIE GN

TIPO	DIMENSIONES A (cm.)	LONGITUD MÁXIMA (m)	PESO (kgs./m.l.)
PRN-31	31	3,50	47
PRN-40	40	3,50	60
PRN-50	50	3,50	75
PRN-60	60	3,50	90
PRN-70	70	3,50	105
PRN-80	80	3,50	120
PRN-90	90	3,50	135
PRN-100	100	3,50	150

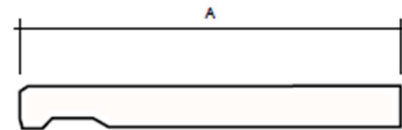


Figura A.38. Características de las placas de remate

Por último, en lo referente al acoplamiento y apoyo de las gradas, éstas reposarán sobre tabicas en el arranque inferior de la grada, es decir, placas de hormigón prefabricado que se colocan en vertical en toda su longitud, y sobre muro de bloques de hormigón en el final de la grada, como puede observarse en la siguiente imagen:

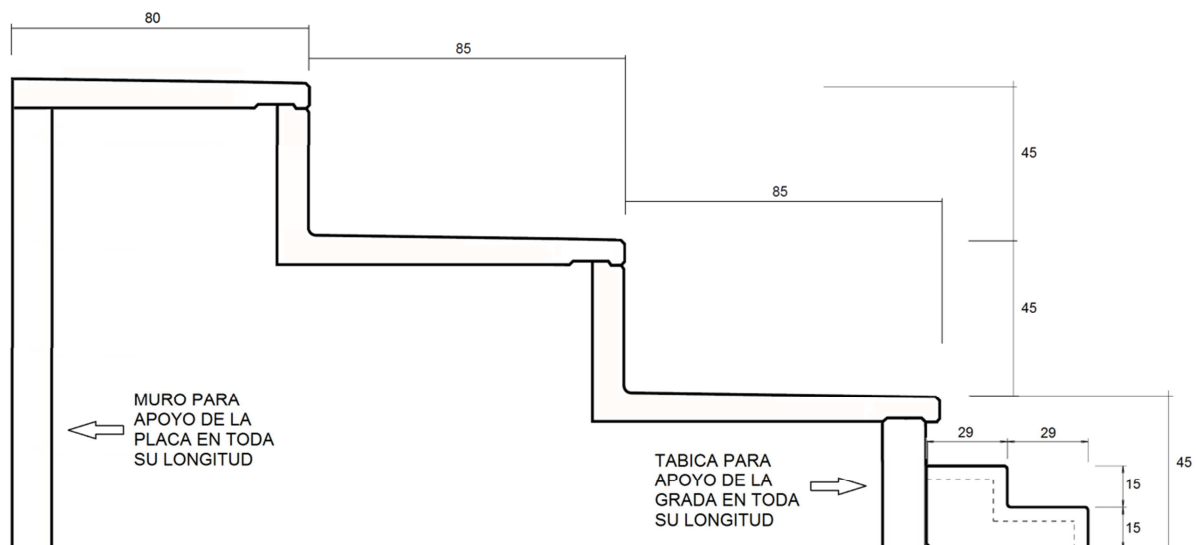


Figura A.39. Apoyo de las gradas

Además tanto las vigas grada como las placas de remate descansarán en sus extremos sobre muros transversales de bloques de hormigón en forma escalonada.

Respecto al encaje de unas vigas con otras, éste se realizará tal y como se ilustra en el detalle de la Figuras A.35.

### 10.3. Suministro de agua

La red de suministro de agua del edificio estará conectada a la red de abastecimiento municipal. El ayuntamiento es el encargado del abastecimiento del agua a la instalación, con las medidas sanitarias pertinentes, teniendo en cuenta los siguientes datos de partida:

Datos de Partida (obtenidos por consulta a la oficina técnica municipal)	
SUMINISTRO	- Red municipal:
ACOMETIDA R.G.	- Arqueta de acometida situada en la parte posterior del polideportivo anexo. A comprobar en obra.
MATERIAL R.G.	- Fundición. Por confirmar.
PRESIÓN R.G.	- Presión aproximada de la red: No se conoce.
TRATAMIENTOS	- No se tiene constancia de problemas de potabilidad o de tratamientos necesarios del agua.

La instalación de suministro de aguas es la correspondiente a:

- Grifo de tipo exterior de jardín o similar, con llave de seguridad, situado en el interior del frontón para permitir, únicamente, labores de mantenimiento y limpieza.

En el edificio objeto del proyecto no es de aplicación la producción de agua caliente sanitaria puesto que, al no disponerse aparatos sanitarios, no hay demanda de ésta.

#### Propiedades de la instalación

De acuerdo a la exigencia básica HS 4: Suministro de agua del Documento Básico Salubridad, del Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HS), 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.

#### Elementos que componen la instalación

- Acometida: Se trata de la tubería y elementos que enlazan la red de distribución con la instalación interior general. Consta de los siguientes elementos: toma, válvula de registro o de corte general y válvula de paso.
- Llave de toma: Se coloca sobre la tubería de distribución y realiza el enlace entre la acometida y la red. Conviene que el sistema empleado permita realizar maniobras en la red sin que esta deje de estar en servicio.
- Válvula de registro: Se sitúa en el exterior de la propiedad, en la vía pública, alojada en un registro fácilmente identificable y que permitirá el cierre del suministro a cargo de la empresa suministradora. El contador será instalado también por la empresa suministradora y podrá contar además con la instalación de filtros, grifos de comprobación, etc.
- Válvula de paso: Realizará la unión entre la acometida y la instalación interior del edificio. Se situará dentro de la propiedad y podrá ser manejada por el usuario en caso necesario.
- Tubería de alimentación y red interior: Tubería que enlaza la válvula de paso con el interior de la edificación.

#### Descripción de la red

La acometida a la red general se realiza en la parte posterior del polideportivo municipal, y discurriendo en zanja enterrada hasta la entrada al edificio, disponiendo previa a ésta (con manguito pasamuros) la arqueta de corte general de la edificación, en el límite de ésta.



A la entrada del edificio, discurre en conducción vista hasta el grifo previsto para dar servicio al frontón.

Previo a éste, se colocará el contador general del edificio para contabilizar los consumos.

Las conducciones se realizan en cobre, protegido con vaina de plástico tipo Armaflex.

### Dimensionado

El dimensionado de la red se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

- a) el caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con la tabla 2.1. de la sección HS 4 del DB SH, la cual se muestra a continuación:

**Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato**

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [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 fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios 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	-

- b) establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- c) determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

d) elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:

- tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s
- tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s

e) Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

El aparato instalado puede considerarse del tipo “grifo garaje” por lo que el caudal máximo para el tramo es de **0,20 dm<sup>3</sup>/s** según lo indicado en la tabla anterior. Como solo se dispone de un único aparato, se supondrá un coeficiente de simultaneidad de valor 1, el máximo posible, siendo por tanto **0,20 dm<sup>3</sup>/s** el caudal de cálculo.

En cuanto a la velocidad de cálculo, se escoge la velocidad recomendada para tuberías metálicas de 1,00 m/s.

Con estos datos y aplicando la fórmula correspondiente se obtiene el diámetro mínimo de tuberías de conducción de agua fría:

$$Q = A \cdot v \rightarrow r = \sqrt{\frac{Q}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0,20 \text{ dm}^3/\text{s}}{10 \text{ dm/s} \cdot \pi}} = 8 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 16 \text{ mm}$$

El ramal de enlace al aparato se dimensionará teniendo en cuenta los criterios de suministro dados por las características del aparato:

Aparato	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Grifo de tipo exterior de jardín o similar	1/2	12

#### 10.4. Evacuación de aguas

Se dimensionará e instalará, únicamente, una red de aguas pluviales ya que en la edificación proyectada no es necesaria la instalación de una red de aguas fecales. La red se adecuará a lo establecido en el Documento Básico de Salubridad, DB SE-HS.

La función de la red de evacuación de aguas pluviales será la recogida y transporte de dichas aguas desde la cubierta del edificio hasta las arquetas a pie de bajante, situadas en el exterior del edificio. Estas arquetas, dirigirán las aguas a la red general de alcantarillado.

Las tuberías que forman la red serán de PVC. Se trata de un material con una superficie bastante lisa, la cual facilita el flujo e impide que se produzcan obstrucciones.

Siguiendo los requisitos establecidos en el Documento Básico de Salubridad, DB HS, es necesario obtener la intensidad pluviométrica del lugar donde se ubicará la construcción. Esta intensidad pluviométrica (i) se obtendrá de la tabla A.18, en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondientes a la localidad determinadas mediante el mapa de la figura A.40. Tanto la figura como la tabla han sido extraídas del Apéndice B. del citado Documento Básico.



Figura A.40 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Tabla A.18  
Intensidad Pluviométrica  $i$  (mm/h)

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

La edificación se ubica en la localidad de Espinosa de los Monteros que se encuentra dentro de la Zona A, en la isoyeta 40, por lo que le corresponde una intensidad pluviométrica ( $i$ ) de **125 mm/h**.

#### 10.4.1. Canalones

Se colocarán canalones a ambos lados de la cubierta. Los canalones serán circulares, de PVC con óxido de titanio y tendrán una pendiente del 2%. Cada canalón deberá ser capaz de evacuar el agua que caerá sobre la mitad de la superficie total de la cubierta en proyección horizontal, es decir:

$$S = 9,25 \cdot 30,50 = 282,13 \text{ m}^2$$

Según el apartado 4.2.2 de la exigencia básica HS-5, para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h debe aplicarse un factor ( $f$ ) de corrección a la superficie de la cubierta tal que:

$$f = i/100$$

siendo:

$i$  la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

Por lo tanto

$$f = 125/100 = 1,25$$

$$S = 1,25 \cdot 282,13 = \mathbf{352,66 \text{ m}^2}$$

Este valor se empleará también en los próximos apartados.

Una vez calculado esto, el diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular se obtiene en la siguiente tabla, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve:

Tabla A.19 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal ( $\text{m}^2$ )				Pendiente del canalón	Diámetro nominal del canalón (mm)
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

Se adopta el valor del diámetro que corresponde al valor de la superficie mayor, para ir del lado de la seguridad, más cercana a la necesaria, por lo tanto, el diámetro nominal de los canalones será de **200 mm**.

#### 10.4.2. Bajantes de aguas pluviales

El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene de la siguiente tabla:

**Tabla A.20 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

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

Las bajantes serán de PVC de diámetro **110 mm** como mínimo.

#### 10.4.3. Sumideros

Los sumideros son agujeros que conectan los canalones con las bajantes actuando como desagüe de las aguas pluviales en la cubierta.

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la Tabla A.21, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven, colocándose sumideros a ambos lados de la cubierta.

**Tabla A.21 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta**

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>

Se instalarán, por tanto, 4 sumideros en cada lado de la cubierta, sumando un total de **8 sumideros**.

#### 10.4.4. Colectores de aguas pluviales

Los colectores son tuberías que se encuentran bajo tierra para transportar el agua de recogida en las arquetas hasta los pozos de registro, estas tuberías tiene una pendiente de entorno al 2%.

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente.

El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene de la siguiente tabla, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve:

**Tabla A.22 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

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

Los colectores que conectarán las diferentes arquetas de paso serán de PVC de **125 mm** de diámetro.

#### 10.4.5. Arquetas

En la tabla A.23 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.

**Tabla A.23 Dimensiones de las arquetas**

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

Se adoptan unas dimensiones de arqueta que corresponden al valor del diámetro mayor, para ir del lado de la seguridad, más cercano al necesario, por lo tanto, las dimensiones de la arqueta serán **50x50 cm** como mínimo.